



**KLIMAVIRKEMIDLER
TIL DANSK LANDBRUG
2023**

SEGES
INNOVATION

KLIMAVIRKEMIDLER TIL DANSK LANDBRUG

er udgivet af

SEGES Innovation P/S
Agro Food Park 15
8200 Aarhus N

8740 5000
seges.dk

FORFATTERE

Alice Thoft Christensen, Anders Fogh; Arne Oksen, Benita Hyltdgaard, Cecilie Skov Nielsen, Finn Udesen, Helle Pelant Lahrman, Irene Asta Wiborg, Jette Søholm Petersen, Klaus Kaiser, Lars Villadsgaard Toft, Lisbeth Henricksen, Lone Balle Carlqvist, Malene Myllerup, Michael Holm, Morten Nyland Christensen, Nicolaj Ingemann Nielsen, Per Tybirk, Søren Kolind Hvid, Ulrik Sander Nielsen

FAGFÆLLEBEDØMMELSE

Hans Roust Thysen, Jens Elbæk, Kent Myllerup

REKVIRENT

Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

FINANSIERING

Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

UDARBEJDELSE AF RAPPORTEN

Forfatterne har i forbindelse med udarbejdelse af rapporten indhentet viden fra en række vidensinstitutioner og virksomheder.

CITERES SOM:

Henricksen, L., Kaiser, K., Christensen, M.N., Hyltdgaard, B., Wiborg, I.A., Toft, L.V., Hvid, S.K., Holm, M., Tybirk, P., Nielsen, N.I. 2023. Klimavirkemidler til dansk landbrug. 83 sider. SEGES Innovation P/S

HENVENDELSER VEDR. RAPPORTEN

Lisbeth Henricksen, Direktør for Innovation

FORSIDEFOTO

SEGES Innovation P/S

1. udgave
April 2023

.....

SEGES Innovation er en uafhængig innovationsvirksomhed, som i mere end 50 år har udviklet ny viden og konkrete løsninger til bæredygtig fødevarerproduktion. Virksomheden omsætter også dyb viden om landbrug og fødevarer til avanceret software, der viser nye veje.

1. Resumé

SEGES Innovation giver i denne rapport sin vurdering af, hvor meget landbruget kan reducere drivhusgasudledningen frem til 2030 i forhold til Landbrugsaftalens reduktionsmålsætning på 55-65 % af drivhusgasudledningen i 1990. Omsat til CO₂e bliver det til et krav om reduktion på yderligere cirka 7,4 mio. ton med nuværende kendte og nye virkemidler.

Udgangspunktet for denne rapport er at beskrive alle tilgængelige og nye virkemidler, som vurderes at kunne implementeres inden 2030 gennem videreudvikling og efterfølgende implementering. Der er også beskrevet kommende virkemidler, som formentlig ikke når ret stor udbredelse inden 2030, men som vurderes at kunne implementeres efter 2030 forudsat fortsat udvikling, så der sikres en faldende udledning af drivhusgasser også efter 2030.

I nærværende rapport er der samlet et overblik over virkemidler til grise-, kvæg-, fjerkræproduktion samt markbrug. Det samlede overblik af virkemidler inkluderer teknologier til stald, lager og mark, foderadditiver og fodersammensætning, effekten af produktivitet samt ændring i produktionsformer. Vurderingen er, at landbruget kan reducere drivhusgasudledningen med 6,7-9,3 mio. ton CO₂e i 2030. Når det er et interval, skyldes det usikkerheden både i forhold til implementering og udvikling af nye virkemidler frem mod 2030. Det er meget vigtigt at se denne vurdering i sammenhæng med de forudsætninger, der er sat op.

Rapporten indeholder en opgørelse af de omkostninger, der er forbundet med investering og implementering af virkemidlerne på den enkelte bedrift. Det er således en opgørelse over landmandens omkostninger. De samfundsøkonomiske omkostninger er kun i enkelte tilfælde medtaget perifert. Implementering af virkemidlerne kræver samlet set store investeringer for den enkelte landbrugsvirksomhed. Selv om der i sagens natur er stor usikkerhed knyttet til sådanne beregninger, så står det klart, at det er en stor udfordring, som fordrer, at erhvervet ikke belastes yderligere økonomisk. Det er vigtigt at udvikle virkemidler så omkostningseffektivt som muligt.

Med erkendelse af den relativt store usikkerhed, der hersker i forhold til både reduktionspotentiale og omkostninger, vil griseproducenterne være i stand til at reducere ca. halvdelen af CO₂-udledningen i forhold til 2020, men de sidste reduktionsomkostninger er høje. Kvægbedrifterne synes at kunne reducere op til 40 % af egen udledning. Omkostningerne bliver relativt høje, når reduktionen overstiger en fjerdedel af egen udledning. Gennemgående synes plantebedrifterne at være i stand til at kunne overopfylde reduktionskravene og endda til en lavere pris.

Der skal afsættes i størrelsesorden 250 mio. kr. om året til innovation og udvikling, for at landbruget har en mulighed for at komme i mål. Samtidig er der flere centrale barrierer forbundet med både udviklingen og implementeringen af virkemidlerne, der skal håndteres for at opnå den tilsigtede effekt. Det er blandt andet effektive governance-modeller for hurtigere godkendelse af nye virkemidler og mangel på faglige ressourcer i forsknings- og udviklingsmiljøerne.

Det vil kræve en stor indsats at færdigudvikle virkemidlerne, fjerne barrierer og implementere virkemidlerne i løbet af de næste syv år. Samlet set er det konklusionen, at med den nødvendige vilje til at investere og fjerne barrierer, kan målet for dansk landbrug nås.

Indhold

2. Indledning	6
3. Udgangspunkt for landbrugets reduktion af drivhusgasser (Baseline).....	7
4. Klimavirkemidler – Mark	9
4.1 Udtagning af kulstofrige jorde	9
4.2 Klimaoptimeret skovrejsning	11
4.3 Nitrifikationshæmmere i handels- og husdyrgødning	13
4.4 Klimaoptimeret gødningsanvendelse	13
4.5 Biochar-Pyrolyse	14
4.6 Øget kulstoflagring i jord	17
4.7 Dyrkning af græs til græsprotein	19
4.8 Økologi	20
4.9 Produktivitet i marken.....	26
5. Klimavirkemidler - Kvæg.....	27
5.1 Gylleforsuring i stald.....	27
5.2 Drænet fast gulv med gødningskraber og ajlefløb	28
5.3 Foderadditiver til reduktion af enterisk metan	30
5.4 Fedt i foderet til reduktion af enterisk metan.....	31
5.5 Avl for malkekøer, der udnytter foder bedre til produktion af mælk og kød.....	33
5.6 Opfangning og omsætning af metan i kvægstalde	34
6. Klimavirkemidler - Gris.....	36
6.1 Gylleforsuring i stald.....	36
6.2 Hyppig gylleudslusning	37
6.3 Linespilsanlæg	39
6.4 Gyllekøling	41
6.5 Klimaoptimeret foder og udvikling i produktivitet	43
7. Lagerbehandling – kvæg og gris	50
7.1 Biogas	50
7.2 Forsuring i gylletanke	52
7.3 Fakkelforbrænding af metan fra gylletanke.....	54
7.4 Biologisk oxidering af metan fra gylletanke	55
8. Klimavirkemidler for fjerkræ.....	57
8.1 Gødningsbånd.....	57
8.2 Varmeveksler til fjerkræstalde.....	57
9. Ændring i produktionsgrundlaget 2030.....	59
9.1 Kvæg.....	59

9.2 Gris.....	59
9.3 Mark	60
10. Samlet potentiale for reduktion af drivhusgasser fra landbruget frem med 2030	61
11. Økonomiske konsekvenser, muligheder og udfordringer	63
11.1 Mark	64
11.2 Kvæg.....	66
11.3 Grise.....	68
11.4 Lagerbehandling – kvæg og gris.....	70
11.5 Fjerkræ.....	72
11.6 Reduktionspotentiale og omkostninger for landmanden	73
12. Anbefaling til udviklings- og innovationsbehov frem mod 2030	79
12.1 Mark	79
12.2 Kvæg.....	81
12.3 Grise - Gyllehåndtering	81
12.4 Lagerbehandling – kvæg og gris.....	82
12.5 Fjerkræ.....	84
12.6 Økologi	84
12.7 Økonomi.....	85
12.8 Sammenfatning udvikling og innovation	86
13. Barrierer og anbefalinger.....	87
14. Konklusion	88

2. Indledning

Folketinget har besluttet, at landbruget inden 2030 skal reducere drivhusgasudledningen med 55-65 % i forhold til 1990. For at nå dette mål har Folketinget nedsat et udvalg, der skal se på reguleringsmæssige modeller for, hvordan man opnår målet, herunder om man skal lægge en CO₂-afgift på landbrugets biologiske processer.

SEGES Innovation giver i denne rapport – ud fra nyeste viden – en vurdering af reduktionspotentialet i landbruget frem til 2030. Desuden beskrives SEGES Innovations anbefalinger til udvikling og innovationsbehov frem mod 2030 for at nå målet.

Med udgangspunkt i den nuværende udledning beregnes, hvor meget landbruget potentielt kan reducere drivhusgasudledningen i 2030, hvis både kendte implementerbare virkemidler og nye endnu ikke færdigudviklede virkemidler færdigudvikles. Reduktionen opgøres i mio. ton CO_{2e}, og holdes op imod landbrugsaftalens målsætning for 2030 om en reduktion på 7,4 mio. ton CO_{2e}.

Potentialeberegningen suppleres med en vurdering af, hvad der realistisk kan nås til 2030, givet tidsrammen samt de forskellige barrierer, der er gældende med denne tidshorisont.

Behovene for finansiering indenfor forskning, innovation og implementering for at fremskaffe tilstrækkelig viden og udvikle virkemidler er beskrevet. Det er en forudsætning for, at landbruget når sit fulde potentiale og bliver i stand til at opfylde målsætningen for reduktion af drivhusgasser i 2030. Dog er der en række barrierer for at nå den tilsigtede effekt, herunder ressourcer, regler og godkendelse af virkemidler. Det er vigtigt, at der sideløbende med forsknings- og udviklingsarbejdet arbejdes med at nedbryde disse barrierer.

Selv om der har været regnet på landbrugets udledning af drivhusgasser siden 1990, kommer der hele tiden ny viden om drivhusgasserne og opvarmningsgraden for de enkelte drivhusgasser i forhold til CO₂. For metan og lattergas arbejdes der nu med to såkaldte "Global Warming Potential"-værdier, som angiver effekten af henholdsvis metan og lattergas, når den sammenlignes med CO₂ over en 100-årig periode. GWP₁₀₀-værdien for metan og lattergas, der anvendes, når Danmark hvert år indberetter hvor meget drivhusgas, der udledes fra landet, er 25 for metan og 298 for lattergas. Der er dog for mange år siden kommet opdaterede GWP₁₀₀-værdier, som er 28 for metan og 265 for lattergas. I denne rapport er der valgt konsekvent at anvende GWP₁₀₀-værdier i overensstemmelse med Danmarks årlige indrapportering på 25 for metan og 298 for lattergas.

Generelt knytter der sig flere usikkerhedsmomenter til beregningen af såvel reduktionspotentialet som omkostningerne forbundet med udvikling og implementering af virkemidlerne. Det skyldes, at der løbende foretages revisioner af emissionsfaktorerne, at implementeringshastigheden for de nu-kendte virkemidler er afhængig af landbrugsvirksomhedernes økonomiske situation samt eventuelle barrierer for implementering. Derudover er der usikkerhed om udviklingsmulighederne og -hastigheden i forhold til nye virkemidler, som dels afhænger af den teknologiske udvikling og dels af de til rådighed værende ressourcer til forskning, udvikling og innovation samt de efterfølgende forudsætninger for implementering.

3. Udgangspunkt for landbrugets reduktion af drivhusgasser (Baseline)

Baggrund og forudsætninger

Som en del af "Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug" fra 4. oktober 2021 blev der af Folketinget fastsat et bindende reduktionsmål for land- og skovbrugssektorens drivhusgasudledninger på 55-65 % i forhold til 1990-udledningen.

Landbrugets udledning af drivhusgasser skal på den baggrund sænkes 7,4 mio. ton CO₂e frem mod 2030, under hensyntagen til principperne i Klimaloven, herunder bæredygtig erhvervsudvikling og dansk konkurrencekraft, sunde offentlige finanser og beskæftigelse.

Landbrugsaftalen fra oktober 2021 indeholder en række initiativer, som skal reducere udledningen af drivhusgasser med 7,4 mio. ton CO₂e. Aftalen indeholder reduktionskrav på 2,4 mio. ton CO₂e i et implementeringsspor med tiltag, som allerede nu kan implementeres samt et udviklingsspor med tiltag, der har til formål at reducere CO₂-udledningerne med de resterende 5 mio. ton. Efterhånden som de teknologiske tiltag til nedbringelse af udledning af drivhusgasser udvikles tilstrækkeligt, flyttes initiativerne over i implementeringssporret.

Som produktionsgrundlag for beregningerne i det følgende anvendes regnskabs- og produktionsdata fra SEGES Innovation' økonomidatabase, som vægtes ved benyttelse af vægte fra Danmarks Statistik, så resultaterne er repræsentative for hele landbrugserhvervet. Udgangspunktet er de endelige regnskaber for 2020.

I hovedscenariet anvendes regnskabs- og produktionsdata for hvert enkelt landbrug i kombination med nationale emissionskoefficienter for landbrugets produktionsenheder. Disse er beregnet på baggrund af den nationale opgørelse lavet af Aarhus Universitet (AU) ("Denmark's national inventory report 2022"), der indeholder konkrete emissionsangivelser pr. produktionsenhed f.eks. CO₂e pr. ko, pr. slagtesvin, pr. ha osv., jf. tabel 3.1 nedenfor. Beregning af reduktionspotentiale er baseret på en værdi for "Global warming potential" (GWP₁₀₀) for lattergas på 298 og metan på 25 i overensstemmelse med Danmarks National Inventory Report 2022.

Ved at kombinere data på bedriftsniveau fra SEGES Innovation økonomidatabase med de nationale emissionskoefficienter opnås en virksomhedsspecifik beregning af udledningen af drivhusgasser, som danner basis for beregningen af den samlede udledning af CO₂e fra de dele af landbruget, som er relevante i nærværende rapport.

Den udledte mængde CO₂e er således opgjort ud fra en "bottom up"-opgørelse ved hjælp af vægtede regnskabsdata. Og eftersom beregningerne er foretaget på bedriftsniveau, tages der desuden højde for den forskelligartede påvirkning af de enkelte driftsgrene og øvrige segmenter.

Landbrugets samlede udledning beregnes ved at kombinere SEGES Innovations økonomidatabase og AU's emissionsfaktorer¹. Den samlede udledning i 2020 er beregnet til at udgøre 14,1 mio. ton CO₂e.

Det knytter sig af naturlige årsager stor usikkerhed til landbrugets samlede udledning i 2030, da udledningen dels vil være afhængig af det fremtidige produktionsgrundlag og dels emissionsfaktorerne på det pågældende tidspunkt. Produktionsgrundlaget vil være afhængig af den almindelige strukturudvikling, størrelsen af produktionsarealet, der rester efter udtagning mv., hvilke virkemidler der anvendes, samt i hvilken udstrækning virkemidlerne anvendes.

¹ Energistyrelsen opgør den samlede udledning af CO₂e fra landbrug, gartneri og skovbrug til 17,4 mio. ton i 2020. Udledningen stammer fra landbrugsarealer (5,1), landbrugsprocesser (11,4) samt energiforbrug (1,0) (skovbrug indgår kun vedr. energi). Differencen til de 14,1 mio. ton, som anvendes i denne rapport, stammer fra, at denne rapport ikke inkluderer gartneri samt energiforbrug i skovbrug, og ej heller randzoner og statsejede arealer, såsom lufthavne o. lign.

Tabel 3.1: Produktion, areal, emissionsfaktorer og udledning.

2020	Produktion / areal (ha)	Emissionsfaktor (kg CO ₂ e/enhed)	CO ₂ e-udledning i alt (ton)
Årskøer stor race	489.200	5.269,76	2.577.965
Årskøer Jersey	77.800	4.268,50	332.089
Årsopdræt	516.879	1.475,53	762.672
Ammekøer	81.600	2.266,00	184.906
Slagtekvier	24.500	526,98	12.911
Slagtekalve	161.000	526,98	84.843
Stude	5.000	1.053,95	5.270
Fravænnede	33.909.000	11,00	372.999
Smågrise	32.587.000	10,00	325.870
Slagtegrise ²	17.073.000	55,00	939.015
Årshøns	4.318.000	0,35	1.530
Slagtekyllinger	122.874.000	0,05	5.659
Dyrehold i alt			5.605.729
<i>LULUCF + organogene i direkte N₂O:</i>			
Græsareal	342.210	6.076,5	2.251.605
Øvrige arealer	2.037.217	1.359	2.997.765
<i>Andet: Slam, afgrøder, mineralisering kalkning, urea m.m.:</i>			
Græsareal	342.210	528,1	165.287
Øvrige arealer	2.037.217	633,2	919.396
Mark i alt			6.304.398
Husdyrgødning i alt			986.380
Handelsgødning i alt			1.180.080
CO₂e-udledning i alt, ton			14.076.587

² Der er usikkerhed forbundet med eksporttal af polte. Baseret på DST's indberetning til EUROSTAT angives eksport af racerene avlsdyr til 318.000 i 2020. Samtidig angives eksporten af levende grise/søer i vægtklassen 50-135 til 261.000. I nærværende produktionsgrundlag anvendes anslået 300.000 eksporterede polte.

4. Klimavirkemidler – Mark

4.1 Udtagning af kulstofrige jorde

Drænede kulstofrige jorde har en høj udledning af drivhusgasser. Over en femårig periode fra 2015-2019 udledte disse jorde i gennemsnit 3,96 mio. ton CO₂e om året, hvilket svarer til 6-7 % af Danmarks samlede drivhusgasemissioner³.

Klimaeffekten af virkemidlet opstår, når de kulstofrige jorde tages ud af omdrift, og arealets naturlige høje vandstand genetableres. Herved tilføres jorden mindre ilt, hvilket hæmmer nedbrydningen af jordens organiske materiale, hvorved der samlet set udledes færre drivhusgasser. Derudover vil der forekomme en mindre drivhusgasreduktion fra sparet kvælstofgødning og brændstofforbrug, når arealet ikke længere pløjes og gødskes.

En opgørelse fra Aarhus Universitet viser, at der er ca. 291.000 ha kulstofrige arealer i Danmark, hvoraf ca. 171.000 ha ligger på landbrugsarealer. De ca. 171.000 ha fordeler sig på ca. 98.000 ha, som indeholder 6-12 % organisk kulstof (OC), og 73.500 ha som indeholder mere end 12 % OC⁴. Tallene er fra 2010 og vil, alt andet lige, være lavere nu, idet det er estimeret, at der hvert år forsvinder ca. 1,1 % af det samlede areal af kulstofrige jorde, fordi det organiske indhold i jorden nedbrydes over tid. Når indholdet af organisk kulstof falder til et niveau, der ligger under henholdsvis 6 % og 12 %, falder arealerne ud af kategorierne "6-12 % OC" og "mere end 12 % OC". Det betyder, at der, alt andet lige, i 2030 vil være hhv. 87.500 ha med 6-12 % OC og 65.000 ha med et indhold af organisk kulstof over 12 %.

Udtagning af lavbundsarealer kan ske gennem tre forskellige ordninger: vådområdeordningen, klimalavbundsordningen eller lavbundsordningen. Vådområdeordningen har primært fokus på kvælstofeffekten af vådlægning, men tæller også klimaeffekten med, mens klimalavbunds- og lavbundsordningerne begge har klimaeffekten som det primære fokusområde.

Forudsætninger:

Selvom både interessen for og klimaeffekten ved udtagning er stor, viser erfaringer fra lavbundsordningen, at der er nogle væsentlige barrierer for at udtage arealer. Barriererne er bl.a. fosforlækage, for lav klimaeffekt⁵ og lodsejermodstand.

Lodsejermodstand opstår som oftest, hvis der ikke foreligger en reel kompensation for udtagning og vådlægning. Beregninger baseret på tilpassede afgrødekalkuler viser, at de aktuelle kompensationssatser vil kompensere nogle landmænd fuldt og helt for tab af indtjening og det følgende fald i jordværdi, mens andre landmænd langt fra kompenseres med den nuværende model. En forudsætning for, at man kan nå en udtagning af 100.000 ha, er således, at man formår at justere kompensationsordningerne, så de reelt kompenserer lods ejerne for det værditab, de lider ved udtagningen.

Taskforce- og ekspertgrupper m.v. arbejder på at finde løsninger på barriererne. Det skønnes realiserbart at kunne indfri ambitionen om udtagning af i alt 100.000 ha inden 2030, hvis barriererne overvindes eller nedbrydes⁶.

³ Nielsen, O.-K. m.fl. 2020. Denmark's National Inventory Report 2020. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi

⁴ Greve, M. H., Pedersen, B. F., & Greve, M. B. 2019. Redegørelse for fejl i arealangivelse af organiske jorde. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt center for Fødevarer og Jordbrug

⁵ Filsø, S. S. 2019. Erfaringer fra Lavbundsordningen - Udtagning af kulstofrige jorde som klimavirkemiddel. SEGES Innovation

⁶ Olsen, D., Højholdt, M., Bondgaard, F., Helborg, W., Hørfarter, R. 2022. De kulstofrige lavbundsjordene i Danmark, Anvendelse, placering og potentiale for udtag. SEGES Innovation

Reduktionspotentiale - Effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Arealmæssigt potentiale

Vurdering i Landbrugsaftalen:

- I aftalen vurderes, at der kan udtages og vådlægges 50.500 ha i perioden 2020 til 2030, samt at der kan udtages og vådlægges yderligere 12.000 ha ved at nedbryde barrierer.
- Herudover forventes det, at der udtages 38.000 ha til ekstensivering. Det bemærkes, at disse ikke bliver vådlagt frem mod 2030.

SEGES vurderer:

- Der kan udtages og vådlægges 62.500 ha inden 2030.
- Der kan yderligere udtages og vådlægges 38.000 ha ved nedbrydning af barrierer og ved sikring af tilstrækkelige midler til denne indsats.

Skønnet er dermed, at der kan vådlægges i spændet fra 62.500 til 100.500 ha, hvis de nuværende barrierer nedbrydes (Tabel 4.1).

Som nævnt ovenfor forventes der i 2030 at være hhv. 87.500 ha med 6-12 % OC og 65.000 ha med mere end 12 % OC. Med den nuværende kompensationsmodel vil dyrkningsmæssigt værdifulde arealer ikke blive udtaget. Det betyder, at der, alt andet lige, vil blive udtaget forholdsvis flere arealer med 6-12 % OC end arealer med 12 % OC, da arealerne med indhold af organisk kulstof på 6-12 % oftere er mindre dyrkningsegnete end arealer med højt kulstofindhold. Et skøn er derfor, at de udtagne arealer vil fordele sig ligeligt mellem de to kategorier. Det skønnes desuden, at ca. halvdelen af arealerne, som udtages, er græsarealer.

Klimaeffekter af udtagning

Klimaeffekten ved udtagning af kulstofrige jorde afhænger af anvendelse, næringsstofstatus og særligt vandsandsniveau før og efter udtagning. Kulstofindholdet har også en betydning, men der er endnu ikke foretaget tilstrækkeligt med emissionsmålinger på arealer med 6-12 % OC. Udledningerne af drivhusgasser fra jorde med 6-12 % OC estimeres at være halvt så høje som emissionerne fra jorde med over 12 % OC. Det har dog vist sig, at der med hensyn til indhold af kulstof ikke er stor forskel på jorde med 6-12 % OC og over 12 % OC⁷, og derfor er emissionerne fra jordene med 6-12 % måske underestimeret.

Selvom man ved, at specielt dræningsdybden har stor betydning for emissionerne fra kulstofrige jorde, så regner man i de nationale opgørelser med, at alle de kulstofrige jorde i landbrugsdrift er dybt drænede. Som før nævnt, forventes det, at der med den nuværende kompensationsmodel udtages jorde fra den dyrkningsmæssigt ringe ende, hvoraf mange af arealerne i forvejen er ret vandlidende grundet utilstrækkelig dræning, og de har derfor allerede inden vådlægning et relativt højtliggende vandspejl. Klimaeffekten af en vådlægning af disse jorde vil derfor være mindre, end hvis jorden var dybt drænet. Der foreligger imidlertid ikke et kort eller en analyse af den nuværende vandstand på de kulstofrige jorde eller den potentielle vandstand efter udtagning og vådlægning. Et sådan kort forventes dog færdigt i 2024⁸, hvor det forventes at bidrage til mere præcise estimater for emissionerne fra de kulstofrige jorde og klimaeffekten ved vådlægning.

I den nationale opgørelse indregnes udledninger af drivhusgasser fra vådområder. I nedenstående tabel indregnes derfor beregninger for udledninger fra vådlagte arealer (primært metan) i overensstemmelse med den nationale opgørelse. Klimaeffekten ved udtagning af kulstofrig jord er derfor lig med forskellen i emissionsfaktorerne for arealets før- og eftertilstand.

⁷ Olesen, J. E., Greve, M. H., Elsgaard, L., Lærke, P. E., Dalgaard, T. 2019. CAP2020 analyse om muligheder for beskyttelse af tørvejorde. DCA.

⁸ Greve M. H. m.fl. 2021. Vidensyntese om kulstofrig lavbundsjord. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Tabel 4.1: Klimaeffekt ved udtagning af kulstofrige jorde.

	Landbrugsaftalen	SEGES' vurdering
Vådlagt og udtaget, ifølge Landbrugsaftalen, ha ^a	50.500-62.500	62.500-100.000
Klimaeffekt pr hektar, kg CO ₂ e/ha ^b	25,8	
Klimaeffekt i alt, vådlægning og udtagning, mio ton CO₂e/år	1,30-1,61	1,61-2,58
Ekstensivering, ha ^c	38.000	0-38.000 ^d
Klimaeffekt pr hektar, kg CO ₂ e/ha	9,9	
Klimaeffekt i alt, ekstensivering, mio ton CO₂e/år	0,377	0-0,377
Samlet klimaeffekt, vådlægning og ekstensivering	1,68-1,99	1,99-2,58

^a Omdrifts- og græsarealer, som udtages og vådlægges.

^b Klimaeffekten er beregnet som forskellen i udledning af CO₂, lattergas og metan før og efter vådlægning baseret på tal fra DCA's vidensyntese om kulstofrig lavbundsjord. Klimaeffekten er et gennemsnit af effekten for jorde i omdrift og med permanent græs samt med hhv. 6-12% OC og 12% OC.

^c Omdrifts- eller græsarealer, som omlægges til permanent græs uden gødningstilførsel. Klimaeffekten er beregnet som forskellen mellem udledninger fra hhv. omdriftsareal og perm. græs.

^d Hvis 100.000 ha vådlægges, er der 0 ha som ekstensiveres.

Hvis der udtages og vådlægges 62.500 ha, og 38.000 ha omlægges til ekstensivering, som angivet i Landbrugsaftalen, er den samlede klimaeffekt 1,99 mio. ton CO₂e/år.

Beregningen af klimaeffekten ved ekstensivering på 9,9 kg CO₂e/ha er behæftet med en vis usikkerhed. Klimaeffekten er beregnet som forskellen mellem udledningen af drivhusgasser fra en drænet kulstofrig jord i omdrift og permanente græsarealer, hvoraf sidstnævnte i nogle tilfælde gødskes, og i andre tilfælde ikke gør. Der vil derfor til en vis grad være indregnet en effekt af reduceret gødningstilførsel i klimaeffekten, men denne effekt kan potentielt være større i den enkelte mark, hvis der skiftes fra fuld gødsning til ekstensivering uden gødningstilførsel. Omvendt vil visse udtagingsprojekter med ekstensivering omhandle permanente græsarealer, som overgår til ekstensiv brug. I disse tilfælde er klimaeffekten i tabel 4.1 overestimeret.

I det mest ambitiøse scenarie forventes en nedbrydning af barrierer i en grad, hvor det bliver realiserbart at udtage og vådlægge 100.000 ha kulstofrige jorde. Klimaeffekten ved vådlægning af 100.000 ha er beregnet til 2,58 mio. ton CO₂e/år. Potentialet vurderes at være mellem 1,99 mio. ton CO₂e/år og 2,58 mio. ton CO₂e/år frem mod 2030, hvor førstnævnte er i et scenarie hvori 62.500 ha vådlægges og 38.000 ha ekstensiveres, og sidstnævnte er det mest ambitiøse scenarie, hvor 100.000 ha vådlægges og udtages. Det forudsættes ved begge scenarier, at der er tilstrækkeligt med midler til at kompensere lodsejerne, og at de eksisterende og velkendte barrierer for udtagning af landbrugsjorde nedbrydes.

Det bemærkes, at hvis udledningerne fra vådlagte jorde (primært metan) ikke indregnes i klimaeffekten ved vådlægning, dvs. hvis jordene efter vådlægning ikke længere indregnes i landbrugssektorens samlede udledninger, øges den samlede effekt ved udtagning af 100.000 ha kulstofrige landbrugsjorde til 3,12 mio. ton CO₂e/år.

4.2 Klimaoptimeret skovrejsning

Skovrejsning er velkendt og har fundet sted i mange år. Skovrejsningen motiveres dog primært med andre formål end klimahensyn.

Skovrejsning kan bidrage til reduktion i CO₂-emissionerne, men effekten vil bl.a. afhænge af, hvor og hvordan skoven etableres og forvaltes. Kulstofbindingen afhænger først og fremmest af produktiviteten, som igen afhænger af jordbundsforhold, nedbør, temperatur, træarter samt etableringen og forvaltningen af skoven⁹.

Der er med Landbrugsaftalen afsat 613 mio. kr. i perioden 2022-2030 til privat skovrejsning.

Den forventede klimaeffekt i 2030 er i Landbrugsaftalen opgjort til 0,05 mio. ton CO₂e/år, der forventes opnået gennem privat skovrejsning, hertil kommer en effekt af midlertidig reduceret hugst i skove, der forventes at give en effekt i 2030 på 0,07 mio. ton CO₂e/år.

Det bemærkes i øvrigt, at skovrejsning har en række positive sideeffekter på klimaet, da skovrejsning udover effekten af at opbygge kulstoflager i skov, også bidrager til en kulstofoplagring i træprodukter, som også bidrager positivt ved, at man kan erstatte fossiltunge materialer og fossile brændsler med træ¹⁰.

Forudsætninger:

Det forudsættes, at der er tilstrækkelig med interesse blandt lodsejerne til at etablere skov. I forudgående tilskudsrunder har der vist sig stor interesse for skov, der potentielt kan etableres rigtig mange steder i landet.

Der vurderes dog at være en risiko for, at tilskudsmidlerne til privat skovrejsning ikke er tilstrækkeligt store til at kunne finansiere skovrejsning på arealer, der i dag er højproduktive. Det forudsættes derfor, at der skal andre midler i spil, hvis målsætningerne for skovrejsning skal indfries. Her kan bl.a. Klimaskovfondens midler komme i spil. Både økologiske og konventionelle landmænd kan anvende skovrejsning som virkemiddel.

Reduktionspotentiale - effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Reduktionspotentialet afhænger meget af, hvor og hvordan skoven etableres og forvaltes.

Kulstofbindingen varierer meget over tid ved etablering af skov (fra 1 til 42 CO₂e/ha/år). I de første 10 år efter skovrejsning bindes der blot ca. 2 ton CO₂e/ha/år på de ringere jorder, når der etableres skov med langsomt voksende træarter samt ved naturlig tilgroning. På gode jorder kan der i de 10 første år bindes 11 ton CO₂e/ha/år ved skovrejsning med hurtigt voksende løvtræer og op til 17 ton CO₂e/ha/år med hurtigt voksende nåletræer¹¹.

Vurderingen er, at ny skovrejsning, som den er gennemført siden 1990, vil have en gennemsnitlig kulstofbinding på 12 ton CO₂e/ha/år med en spændvidde på 4-21 ton CO₂e/ha/år afhængig af hovedfaktorerne.

Skovrejsning på organiske jorde

Skovrejsning kan også finde sted på organiske jorde. Men hvis skovrejsning på sådanne arealer foretages på en måde, hvor arealerne tørlægges, vil det være u hensigtsmæssigt – og måske endda direkte negativt for klimaet.

Herudover er der flere andre ønsker til skovene. For eksempel er der i den private skovrejsningsordning fokus på andre mål end klima, hvor det primære formål i den eksisterende private skovrejsningsordning er reduktion af kvælstofudledningen. Det bemærkes, at tilskud til løvskov i 2022 var på 28.000 kr./ha, mens tilskuddet til nåleskov var på 12.000 kr./ha¹², på trods af, at nåletræer jf. ovenstående har en højere kulstofbinding end løvtræer.

⁹ Johannsen, V. K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L. & Bentsen, N. S. 2019. Kulstofbinding ved skovrejsning. Sagsnotat. Københavns Universitet.

¹⁰ Johannsen, V. K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L. & Bentsen, N. S. 2019. Kulstofbinding ved skovrejsning. Sagsnotat. Københavns Universitet.

¹¹ Johannsen, V. K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L. & Bentsen, N. S. 2019. Kulstofbinding ved skovrejsning. Sagsnotat. Københavns Universitet.

¹² Landbrugsstyrelsen. 2022. Tilskud til privat skovrejsning. Hjemmeside

Potentialet vurderes til at være op mod 0,12 mio. ton CO₂e/år frem mod 2030, som skrevet i Landbrugsaftalen.

4.3 Nitrifikationshæmmere i handels- og husdyrgødning

Nitrifikationshæmmere er en række additiver, der hæmmer det første trin i den mikrobielle proces, hvor ammonium omdannes til nitrat (nitrifikation). Ved at hæmme nitrifikationsprocessen forsinkes dannelsen af nitrat i jorden, som er en forudsætning for, at denitrifikation kan forløbe. Da både nitrifikation og denitrifikation er potentielle kilder til lattergas, kan nitrifikationshæmmere således reducere den samlede lattergasemission fra marken, hvis de benyttes sammen med ammoniumholdig handels- eller husdyrgødning.

Forudsætninger:

I beregningerne indgår en fremskrivning af forbrug af ammoniumholdig handels- og husdyrgødning baseret på uændret arealanvendelse. Gødningsforbruget vil eksempelvis blive påvirket af ændringer i afgrødevalg og ved omlægning til økologi, hvor der ikke benyttes handelsgødning. Endvidere vil fordelingen mellem husdyr- og handelsgødning blive påvirket af antallet af husdyr.

Handelsgødning indeholder i gennemsnit 60 % ammonium-kvælstof. Beregning af reduktionspotentiale er, som nævnt i indledningen, baseret på en værdi for "Global warming potential" (GWP₁₀₀) for lattergas på 298. Økologiske landmænd må ikke anvende syntetisk fremstillede nitrifikationshæmmere. Der er derfor behov for at udvikle naturlige nitrifikationshæmmere til økologisk landbrug.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

På nuværende tidspunkt er der ikke tilstrækkeligt datagrundlag til at beregne et andet reduktionspotentiale end det, der fremgår af Aarhus Universitets nye virkemiddelkatalog fra 2022, hvor den samlede effekt for både handels- og husdyrgødning er beregnet til 568 kt CO₂e/år¹³. Denne beregning er dog baseret på en GWP₁₀₀-værdi for lattergas på 265. Hvis der i stedet benyttes en GWP₁₀₀-værdi på 298, som der benyttes i den nationale opgørelse, er det samlede reduktionspotentiale 639 kt CO₂e/år.

I 2022-versionen af Aarhus Universitets virkemiddelkatalog er der differentieret mellem handels- og husdyrgødning, idet reduktionseffekten ved brug af nitrifikationshæmmere i handelsgødning er nedjusteret til 1,0 kg CO₂e/kg N, mens den i husdyrgødning fastholdes på 1,7 (svarende til 1,87 kg CO₂e/kg N ved GWP₁₀₀ på 298). Foreløbige markforsøg hos SEGES Innovation understøtter dette, idet resultaterne viser lavere lattergasemission fra handelsgødning sammenlignet med husdyrgødning.

Det forventes, at der i nær fremtid vedtages differentierede emissionsfaktorer for henholdsvis handels- og husdyrgødning med en lavere emissionsfaktor for handelsgødning end for husdyrgødning. Det vil påvirke det totale reduktionspotentiale ved brug af nitrifikationshæmmere, idet effekten af nitrifikationshæmmere på nuværende tidspunkt er sat til 40 % af den potentielle lattergasemission fra ammoniumholdig gødning.

Potentialet vurderes til at være op mod 0,639 mio. ton CO₂e/år frem mod 2030, som skrevet i Aarhus Universitets nyeste virkemiddelkatalog (ved benyttelse af GWP₁₀₀ på 298).

Da det forventes, at ca. 10 % af det dyrkede areal forsvinder frem mod 2030, vil potentialet i at anvende nitrifikationshæmmere falde med ca. 10 % til 0,575 mio. ton CO₂e/år.

4.4 Klimaoptimeret gødningsanvendelse

I markforsøg er der observeret store forskelle på emissionerne fra henholdsvis handels- og husdyrgødning. Forskellene skyldes påvirkedes også af klima- og udbringningsteknik.

¹³ Andersen, M. A, Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Den nuværende strategi er optimeret i forhold til kvælstofeffektivitet og udbytte – ikke i forhold til klimaaftryk. Der arbejdes på at udvikle ny strategier og teknikker, som reducerer lattergasemissionen, uden at det går ud over udbytte og kvalitet.

Samtidig skal der udvikles værktøjer/modeller, som kan indbygges i farm management-systemer og støtte landmanden i at forbedre gødningsstrategi, og som kan registrere og dokumentere den forbedrede adfærd i forhold til klima for at sikre en incitamentsstruktur.

Københavns Universitet, Aarhus Universitet og SEGES Innovation har alle lavet markforsøg med lattergas-målinger med det formål at undersøge og dokumentere emissionerne fra forskellige sædskifter, gødningstyper osv. Resultaterne skal evalueres og udgives i videnskabelige artikler, inden de kan danne grundlag for differentierede nationale emissionsfaktorer. Herefter forventes det, at emissionsfaktoren for lattergas vil blive differentieret ud på henholdsvis handels- og husdyrgødning, hvor emissionsfaktoren på husdyrgødning vil være ca. dobbelt så høj som den på handelsgødning. Det forventes, at emissionsfaktoren for husdyrgødning vil være på niveau med den nuværende standard-emissionsfaktor på 1 %, og emissionsfaktoren for handelsgødning altså vil være noget lavere.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Da arbejdet først lige er startet, er det svært at vurdere reduktionspotentialet, men ud fra den variation, der ses i lattergasemissionerne, er det meget stort. Da der sandsynligvis skal udvikles ny teknik til udbringning af husdyrgødning, og da det tager tid at få godkendt differentierede emissionsfaktorer, kan en del af potentialet først realiseres efter 2030. Men det skønnes, at der ved klimaoptimering af gødningsstrategier kan opnås en reduktion på op til 0,4 - 0,6 mio. ton CO₂e/år inden 2030, hvis der skrues op for forskning og udvikling nu.

Dertil kommer en nedjustering af den totale udledning af lattergas ved gødningsudbringning, når der vedtages nye differentierede emissionsfaktorer for henholdsvis husdyr- og handelsgødning.

Det skal nævnes, at en reduktion af udledning af lattergas ved brug af klimaoptimerede gødningsstrategier vil reducere det samlede potentiale ved brug af nitrifikationshæmmere, som er beskrevet i et særskilt afsnit.

Da det forventes, at ca. 10 % af det dyrkede areal forsvinder frem mod 2030, vil potentialet i klimaoptimeret gødningsanvendelse falde med ca. 10 % til 0,4 - 0,5 mio. ton CO₂e/år.

Både konventionelle og økologiske landmænd vil kunne anvende optimeret gødningsanvendelse og kunne reducere lattergasudledningen.

4.5 Biochar-Pyrolyse

Pyrolyseteknologi kan lagre kulstof i jorden, og kan derfor være med til at reducere landbrugets emissioner markant. I Landbrugsaftalen er der en ambition om, at pyrolyse skal reducere emissionerne med 2 mio. ton CO₂e årligt i 2030. Teknologien er således vigtig for at bringe landbruget i mål med klimamålsætningerne i Landbrugsaftalen.

I pyrolysen, der er en termisk nedbrydningsproces, nedbrydes biomasse ved høje temperaturer (300-900°C) under iltfrie forhold. Hermed dannes gas og bio-olie af ca. halvdelen af det tilsatte kulstof, mens der dannes biochar af den resterende andel. I pyrolysen kan landbrugets overskudsbiomasser benyttes f.eks. halm og restfibre fra biogasanlæg, hvorved der dannes biochar, som indeholder store mængder stabilt kulstof. Ved at bringe biochar tilbage på landbrugsjorden, lagres kulstof i jorden i mange år til gavn for landbrugets klimaaftryk.

Ved produktion af biochar dannes, som nævnt, også pyrolysegas og bio-olie. Anvendelsesmulighederne af de to produkter er mange, for eksempel kan gassen anvendes direkte, bio-olien kan benyttes i maritime motorer, eller den kan raffineres til flere forskellige typer af brændstof. Gassen kan også omdannes til metanol ved at tilføre brint, som kan bruges til fremstilling af flybrændstof. Landbrugets restprodukter kan derved bidrage til

at producere klimavenlige brændstoffer, og vil derfor også bidrage til en reduktion i emissionerne fra andre sektorer end landbrugssektoren f.eks. transportsektoren.

Forudsætninger:

Tidligere beregninger af klimagevinsten ved biochar har fokuseret på halm som det primære input-materiale til pyrolyseprocessen. Halm er den råvare, som repræsenterer det suverænt største uudnyttede potentiale, og hvis målsætningerne om øget biogasproduktion skal indfries, skal en stor del af halmen anvendes til biogasproduktion. I 2030 er det forventningen, at omkring 1 mio. ton halm vil blive brugt til biogasproduktion. Ved at separere den afgassede biomasse kan man fange en del af det ikke omsatte fibermateriale, hvorefter fiberfraktionen af den afgassede biomasse kan anvendes til pyrolyse og produktion af biochar. På denne måde udnyttes landbrugets ressourcer optimalt. Dette forudsætter, at pyrolyseanlæg placeres i forbindelse med et biogasanlæg, så ressourcerne udnyttes optimalt, og transporten minimeres.

Pyrolyse forventes også på sigt at kunne konkurrere om den mængde halm, der i øjeblikket bruges til energiformål. Der er derfor også regnet på effekten af, at de omkring 1,4 mio. ton halm – der i dag anvendes til fyring – i stedet antages at blive anvendt til produktion af biochar i 2030. Der er her regnet med et potentiale på 1,4 mio. ton halm, som er den mindste mængde halm, der har været anvendt til fyring gennem de seneste 10 år¹⁴. Dette for at være sikker på en stabil tilførsel af biomasse til pyrolyseanlæggene.

Klimaeffekten af at bjærge halmen kontra at nedmulde den er ikke medtaget i disse beregninger, da denne klimaeffekt er beregnet under virkemidlerne vedrørende kulstoflagring i jorden.

Der er i disse beregninger antaget et uændret halmudbytte i 2030. Der forventes generelt højere kerneudbytter frem mod 2030, hvilket også forventeligt vil resultere i højere halmudbytter. Der er dog også forhold, der forventes at trække den anden vej. Dette er f.eks. fordobling af det økologiske areal, dyrkning af græs til græsprotein, 4 % brakkravet i EU-landbrugsreformen, udtagning af kulstofrig jord, skovrejsning m.m. Alle tiltag, der fører til et mindre halmudbytte pga. mindre arealer med korn eller lavere udbytter (økologi). Vi antager derfor uændrede halmudbytter, men det er behæftet med en del usikkerhed, hvor meget halm der reelt er til rådighed i 2030.

Forudsætningen for, at det beregnede reduktionspotentiale kan realiseres, er, at der inden for de kommende 2-3 år kommer rammevilkår, der gør, at produktionen af biochar økonomisk kan betale sig. På nuværende tidspunkt er der ikke et incitament til at benytte biochar som klimavirkemiddel for landmanden, ligeledes er der heller ikke et incitament til at producere det.

Det antages desuden, at opskalering af pyrolyseteknologien til kommerciel skala finder sted, og gør det muligt at producere de mængder biochar, som der er biomasse til at producere.

Brændstofforbruget til transport og udbringning af biochar vil sandsynligvis stige en smule. Husdyrgødning transporteres i dag til biogasanlæggene, hvorefter den afgassede biomasse transporteres tilbage og bringes ud på marken. Ved produktion af biochar udskiftes tilbageførslen af afgasset biomasse til marken med biochar, hvorfor brændstofforbruget anses for at være uændret. En stigning vil dog forventes, da der frem mod 2030 forventes en fordobling i mængden af husdyrgødning, der leveres til biogas. Klimaeffekten af dette er dog ikke medregnet. Både konventionelle og økologiske landmænd kan anvende pyrolyse/biochar som virkemiddel.

¹⁴ Danmarks Statistik. Statistikbanken. HALM1. Online database.

Tabel 4.2: Værdier, med angivelse af kilde, benyttet ved beregning af reduktionspotentiale for biochar.

	Værdi	Note/Reference
Biomasseinput til biogas (2030), mio. ton	22,6	SEGES Innovations vurdering (se afsnit om Biogas)
Biomasseoutput fra biogas – fiberfraktion, mio. ton tørstof	1,33	SEGES Innovations vurdering (resttørstof efter fuldstændig separation med dekanter)
Organisk kulstof i fiberfraktion, Kg C/ton tørstof	392	Adamsen og Møller 2022 ¹⁵ , data fra Stiesdal SkyClean A/S 2022
Andel af fiberfraktion der anvendes til pyrolyse, %	80	SEGES Innovations vurdering
Andel af kulstof fra fiberfraktion der omdannes til biochar kulstof, %	51	Adamsen og Møller 2022 ¹⁶ , data fra Stiesdal SkyClean A/S 2022
Andel af stabilt kulstof i biochar over et 100-årigt perspektiv, %	89	For pyrolysetemperatur over 600°C ¹⁶
Tørstofindhold i halm, %	85	
Biochar udbytte ved pyrolyse af halm, %	29	Adamsen og Møller 2022 ¹⁶ , data fra Stiesdal SkyClean A/S 2022
Kulstofindhold i biochar ved pyrolyse af halm, %	64	Adamsen og Møller 2022 ¹⁶

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

I 2030 forventes det, at den optimale anvendelse af biomassen gør, at pyrolyse primært skal ske på fiberfraktionen af den afgassede biomasse. Det forventes derfor, at der produceres ca. 1,33 mio. ton tørstof i fiberfraktionen, som kan anvendes til pyrolyse. For at kunne håndtere denne mængde biomasse kræver det opførelse af ca. 36 stk. 20 MW pyrolyseanlæg inden 2030. Stiesdal etablerer det første kommercielle pyrolyseanlæg i Danmark. Anlægget er ti gange større end deres demonstrationsanlæg i Skive, og i forbindelse med opskalering af teknologi opstår der ofte nye udfordringer, hvorfor der vil være usikkerhed om, hvorvidt alle anlæg når at være i drift inden 2030.

Når der antages, at teknologien fungerer i kommerciel skala, at det ikke er en barriere at opføre de nødvendige anlæg, og at 80 % af fiberfraktionen anvendes til pyrolyse, produceres der 0,21 mio. ton biochar kulstof baseret på restfibre fra biogasproduktionen. Når 89 % af kulstoffet anses som stabilt over en 100-årig periode, er klimaeffekten for produktionen af biochar på 0,7 mio. ton CO₂e/år i 2030. Hvis vi desuden udnytter de 1,4 mio. ton halm, der i dag anvendes til energiformål, til produktion af biochar, vil der produceres 0,22 mio. ton biochar kulstof fra pyrolyse af halm, hvilket ligeledes bidrager med en klimaeffekt på 0,7 mio. ton CO₂e. Dette vil medføre, at der skal opføres yderligere pyrolyseanlæg end de 36 anlæg, der skal håndtere restfibre.

Den samlede klimaeffekt for produktion af biochar fra restfibre fra biogasproduktionen og den mængde halm, der i dag anvendes til energiformål, er på ca. 1,4 mio. ton CO₂e/år i 2030. Skal Landbrugsaftalen opfyldes på dette punkt, kræver det altså brug af alternative biomassekilder udover restfibre fra biogasproduktion og halm.

Ved produktion af biochar dannes også pyrolysegas og bio-olie, som kan anvendes direkte til energiformål, eller det kan omdannes til grønne brændstoffer, som kan bruges i f.eks. det maritime erhverv eller i flyindustrien. Produktionen af biochar vil derfor også reducere emissionerne fra transportsektoren, men denne reduktion er ikke kvantificeret.

Hvis kulstoflagringen fra biochar skal tælles med som en reduktion i landbrugets emissioner, kræver det, at biochar bringes ud på landbrugsjorden. Skal dette være økonomisk rentabelt for den enkelte landmand, kræver det, at biochar har nogle jordforbedrende evner, som kan bidrage til et øget udbytte. Biochar kan øge

¹⁵ Adamsen, A.P.S. & Møller, H.B. 2022. Production of biochar based on straw, digestate fibers and sewage sludge – In Elsgaard et al 2022, Knowledge synthesis on biochar in Danish agriculture. Aarhus Universitets, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Rapport nr. 208

¹⁶ Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2019.

jordens vandholdende evne, pH og evne til at tilbageholde næringsstoffer i rodzonen. Dette skyldes biochars porøse struktur og overfladeegenskaber, hvorfor biochar har været foreslået som jordforbedring¹⁷. Øgede udbytter vil dog generelt ikke kunne forventes på danske landbrugsjorde, måske med undtagelse af meget sandede jorde¹⁸. Flere forsøg skal være med til at klarlægge, hvorvidt biochar har en ønskelig effekt på landbrugsjorden under danske forhold.

En anden mulighed end at udbringe biochar på landbrugsjorden kunne derfor være at danne biochar ved pyrolyse og derefter deponere biochar, hvilket også resulterer i en kulstoflagring. Det er dog vigtigt at pointere, at denne lagring i så fald skal kunne tilskrives den enkelte landbrugsbedrift. Med de nuværende regler kan den ikke godskrives landbrugssektoren, men derimod affaldssektoren.

Potentialet vurderes til at være op mod 1,4 mio. ton CO₂e/år frem mod 2030, forudsat der er tilstrækkeligt med midler til opskalering af teknologien, og der etableres en effektiv incitamentsstruktur.

Da det forventes, at ca. 10 % af det dyrkede areal forsvinder frem mod 2030, vil potentialet i at anvende biochar falde med ca. 10 % til 1,26 mio. ton CO₂e/år.

4.6 Øget kulstoflagring i jord

"Øget kulstoflagring i jord" anvendes her som fællesbetegnelse for virkemidler og dyrkningstiltag, der påvirker kulstoflagringen i jord. Kulstoflagring som virkemiddel handler om at reducere nettoemissionen af CO₂ fra omsætningen af organisk stof i jorden. Nettoemissionen af CO₂ kan både være negativ og positiv. Hvis der opbygges kulstof i jorden, så er nettoemissionen af CO₂ negativ, hvilket vil sige, at puljen af kulstof i jorden øges (negativ emission). Kulstoflagring i form af biochar fra pyrolyse er beskrevet i et særskilt afsnit ovenfor og indgår derfor ikke her.

Opgørelse af kulstoflagring er en balanceberegning (C-input til jorden minus C-output fra jorden). En ændret dyrkningspraksis vil påvirke forholdet mellem input og output. Effekten på kulstoflagringen af en ændret dyrkningspraksis er størst i det første år efter ændringen. Ved en fortsat ændret dyrkningspraksis går udviklingen i jordpuljerne mod en ny ligevægt, hvorefter nettoeffekten på CO₂-emissionen er nul. Der er således aldrig to år med samme effekt af et virkemiddel på kulstoflagringen. Som tommelfingerregel er 90 % af puljeændringen indtrådt efter ca. 15 år med en ny dyrkningspraksis. Hvis en bedrift f.eks. øger arealet med efterafgrøder i 2021, så reduceres effekten år for år derefter, og efter 2035 er der stort set ingen yderligere kulstofopbygning i jorden og derfor ingen yderligere klimaeffekt.

I den nationale opgørelse af drivhusgasemissioner varierer emissionen af CO₂ fra mineraljord i de senest 10 år mellem ca. -800 kt CO₂/år og ca. +200 kt CO₂/år bortset fra 2018, hvor C-inputtet til jorden var usædvanligt lavt på grund af den ekstreme tørke. I 2020 var emissionen i den nationale opgørelse -95 kt CO₂. Tilbage i 1990 bidrog emissionen af CO₂ fra mineraljord med 1.020 kt CO₂, altså en positiv emission.

Forudsætninger:

I det følgende er omtalt de vigtigste tiltag (virkemidler), der kan påvirke C-input og C-output fra jordpuljen frem mod 2030 i forhold til 2020, undtagen produktion af biochar ved pyrolyse, som er beskrevet i et tidligere afsnit.

Input fra nedmuldning af halm

I de senere år er der i gennemsnit nedmuldet godt 2 mio. ton kornhalm i Danmark¹⁹. Det vurderes, at mængden af halm, der nedmuldes, vil blive reduceret frem mod 2030 som følge af en øget anvendelse af halm til

¹⁷ Lehman, J. & Joseph, S. 2015. Biochar for environmental management – science, technology and implementation, 2nd edition. Routledge, New York, NY.

¹⁸ Sørensen og Abalos. 2022. Nutrient composition of biochar and effects on nutrient availability and yields. In Elsgaard et al 2022, Knowledge synthesis on biochar in Danish agriculture. Aarhus Universitets, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Rapport nr. 208

¹⁹ Danmarks Statistik. Statistikbanken. HALM1. Online database.

produktion af biogas og eventuelt også som følge af anvendelse af halm til pyrolyse. Ved anvendelse til biogas uden efterfølgende pyrolyse af restfibrene i biogasgyllen bliver en betydelig del af kulstoffet i halmen returneret til jorden med biogasgyllen. Det forventes imidlertid, at op mod 80 % af restfibrene i biogasgyllen bliver pyrolyseret i 2030.

Hvis omfanget af halmnedmuldning bliver reduceret med 1 mio. ton som følge af, at mere halm anvendes til biogasproduktion med efterfølgende pyrolyse af restfibrene, så reduceres C-inputtet til jorden (eksklusiv evt. biochar) med i gennemsnit ca. 150 kg C/ha på landsplan. Til sammenligning er det samlede årlige input af kulstof til jorden i gennemsnit mellem 4.000-4.500 kg C/ha.

Input fra efterafgrøder

Efter den fulde indfasning af den målrettede kvælstofregulering i 2019 er der årligt blevet dyrket ca. 500.000 ha med efterafgrøder. Det forventes, at kvælstofindsatsen samlet set øges frem mod 2030. Det bliver imidlertid en mindre andel af det dyrkede areal (mindre kystvandopland), der skal levere den øgede kvælstofindsats. Det giver nogen usikkerhed om udviklingen i arealet med efterafgrøder, fordi de områder af landet – hvor der allerede er en stor målrettet kvælstofindsats – allerede anvender hovedparten af det arealmæssige potentiale til efterafgrøder uden sædskifteændringer. Det vurderes, at arealet med efterafgrøder vil stige til ca. 600.000 ha i 2030, det vil sige ekstra ca. 100.000 ha i forhold til nærmest foregående år. Dette er i form af frivillige efterafgrøder placeret i områder uden krav til målrettede efterafgrøder, eller efterafgrøder til biomasseproduktion.

Det antages, at efterafgrøder netto øger C-tilførslen med ca. 1.200 kg C/ha/år med efterafgrøde (i forhold til spildkorn som er reference). Det svarer til ca. 50 kg C/ha i gennemsnit på hele det dyrkede areal ved ekstra 100.000 ha efterafgrøder.

Input fra græsdyrkning

Det vurderes, at der ikke vil ske nogen øget dyrkning af græs til kvægfoder på konventionelle kvægbrug frem mod 2030, fordi øget græsdyrkning generelt ikke reducerer kvægbrugenes klimaaftryk, hverken det territoriale klimaaftryk eller produktaftrykket. Der vil evt. blive etableret en produktion af græs til græsprotein. Det behandles i et særskilt afsnit. Det forventes desuden, at der vil komme en øget dyrkning af kløvergræs som følge af omlægning til økologi. Det er også behandlet særskilt.

Input fra husdyrgødning og anden organisk gødning

Der tilføres årligt ca. 700 kg C/ha til jorden i gennemsnit med husdyrgødning og anden organisk gødning. Det reduceres naturligvis, hvis husdyrproduktionen reduceres. Her er antaget en uændret husdyrproduktion. Det vurderes, at andelen af husdyrgødning, der bliver afgasset, øges fra ca. 30 % til ca. 60 % i 2030. Det vil medføre en reduktion i tilførslen af C til jorden. Endvidere har vi estimeret, at op mod 80 % af restfibrene i biogasgylle bliver pyrolyseret i 2030. Effekten af pyrolyse i dette omfang vil reducere tilførslen af ikke-pyrolyseret kulstof til jorden med ca. 0,4 mio. ton C, hvilket svarer til ca. 160 kg C/ha/år.

Input fra øvrige afgrøderester

Langt det største input af C til jorden kommer fra øvrige afgrøderester, det vil sige fra stub, henfaldne rødder og andre plantedele samt rodexudater. Mængden af C varierer meget afhængig af afgrøde og udbyttens niveau. C-tilførslen vil typisk ligge i intervallet 2.000-5.000 kg C/ha/år. Det vurderes, at der i gennemsnit tilføres 2.500-3.000 kg C/ha/år med øvrige planterester. Øget omlægning til økologi og en eventuel etablering af en produktion af græsprotein kan resultere i mindre forskydninger i afgrødesammensætningen frem mod 2030. Derudover forventes ikke væsentlige ændringer i afgrødesammensætningen, der kan påvirke inputtet af C til jorden. Det forventes, at der vil blive høstet stigende udbytter, hvilket vil øge mængden af C i planterester. Ved en udbyttestigning på 1 % i gennemsnit om året og en tilsvarende stigning i mængden af afgrøderester, øges C-inputtet i størrelsesordenen 175 kg C/ha/år. Effekten af yderligere udbyttestigninger på mængden af afgrøderester er dog ikke godt belyst.

Tab af C fra dyrkningsjorden

Størrelsen af tabet af C fra jorden er først og fremmest bestemt af jordpuljernes størrelse. Det vurderes, at der som følge af den mikrobielle omsætning af organisk stof i jorden tabes i gennemsnit ca. 4.200 kg C/ha/år. Øgede temperaturer vil øge tabet af kulstof, men betydningen heraf vil være beskeden frem mod 2030. Der er på nuværende tidspunkt ikke et tilstrækkeligt grundlag for at indregne nogen effekt af metoder til jordbearbejdning og afgrødeetablering på tabet af kulstof fra jorden.

Samlet effekt på input af kulstof til jorden

Mindre nedmuldning af halm, øget anvendelse af husdyrgødning til biogas og pyrolyse af restfibre i biogasgylle vil reducere inputtet af ikke-pyrolyseret kulstof til jorden. Flere efterafgrøder og højere udbytter vil øge tilførslen af C til jorden. Det vurderes, at den samlede effekt af de forventede dyrkningsmæssige ændringer vil være et svagt faldende input af ikke-pyrolyseret kulstof til jorden.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Det vurderes, at niveauet i 2030 vil være en mindre negativ emission, formentlig i intervallet fra 0 til -300 kt CO₂, svarende til niveauet i 2020 som var -95 kt CO₂. Kulstoflagringspotentialet ligger primært i produktion af biochar, som er beskrevet i afsnit 4.5.

Estimerne på udviklingen i input af kulstof er usikre. Det er dog sikkert, at stigende udbytter har øget inputtet af kulstof til jorden betydeligt. Det er endvidere sikkert, at kulstoflagring altid går mod en ny balance, hvor der netto ikke er nogen klimaeffekt. Kulstoflagring (ikke pyrolyseret kulstof) er derfor ikke nogen langsigtet løsning til at opnå klimaneutralitet.

Potentialet vurderes derfor til at være 0 mio. ton CO₂e/år frem mod 2030, da reduktionspotentialet ligger i pyrolyse af halm til biochar og udnyttelse af halm i biogasanlæg fremfor nedmuldning.

4.7 Dyrkning af græs til græsprotein

Der er gennem flere år arbejdet på at udvikle teknologier til bioraffinering af græs med henblik på produktion af et proteinrigt foder, der kan erstatte importerede, proteinrige fodermidler. Der er etableret to mindre kommercielle anlæg, som er i drift. Der arbejdes fortsat med at udvikle og optimere teknologien, herunder at øge udvindingen af protein. Protein-ekstraheringsgraden skal øges fra det nuværende niveau på 10-20 % af grønmassens proteinindhold for at gøre produktionen rentabel.

Det vurderes, at etablering af en større produktion af græsprotein både er afhængig af teknologiske gennembrud og af offentlig støtte til anlægsinvesteringerne. Økonomien er endvidere påvirket af de synergieffekter, der kan være ved at anvende dele af biomassen efter raffineringen til biogasproduktion.

Forudsætninger:

Nedenstående beregninger er baseret på en emissionsfaktor for lattergas fra N-gødning og fra N i afgrøderest på 1,0 % og en GWP₁₀₀-værdi på 298 for lattergas.

Med hensyn til klimaeffekter ved dyrkning af græs til græsprotein i stedet for dyrkning af korn tages udgangspunkt i Mikkelsen et al. (2022)²⁰, hvor der er regnet med en netto-klimagevinst på 1.500 kg CO₂e/ha/år som gennemsnit over en periode på 10 år efter den ændrede dyrkning. Denne effekt er et resultat af en øget emission af lattergas svarende til 700 kg CO₂e/ha/år og en øget kulstoflagring svarende til 2.200 kg CO₂e/ha/år (negativ emission). En så stor kulstoflagringseffekt forudsætter, at græsdyrkingen erstatter afgrøder med et langt lavere kulstofinput til jorden, f.eks. vårsæd uden nedmuldning af halm og uden efterafgrøde. Den angivne

²⁰ Mikkelsen, M. H., Albrektsen, R. & Gyldenkærne, S. 2022. Sammenligning af klimaeffekter – Emissionsopgørelse, emissionsfremskrivning og klimaeffektabel. Aarhus Universitets, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi. Rapport nr. 501

effekt af at dyrke græs i stedet for korn er på niveau med andre undersøgelser som f.eks. Eriksen et al (2023)²¹, der også angiver, at ca. 90 % af puljeændringen typisk er indtrådt efter ca. 20 år.

Ovennævnte kulstoflagringseffekt er som tidligere nævnt kun gældende i de første ca. 15 år. Effekten på emissionen af lattergas fortsætter uændret. Derfor kan netto-klimagevinsten forsvinde på sigt, fordi den øgede emission af lattergas på et tidspunkt overstiger resteffekten fra kulstoflagringen.

Øget dyrkning af græs til græsprotein fører til en reduceret produktion af halm. Der vil således være mindre halm til rådighed til energiformål. Denne effekt er ikke medtaget her.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

I tabel 4.3 herunder er angivet den samlede klimaeffekt ved dyrkning af henholdsvis 50.000 og 100.000 ha med græs i stedet for korn som gennemsnit for de første 10 år. Efterfølgende er klimagevinsten mindre, og på et tidspunkt bliver effekten negativ. Det er ikke muligt at vurdere udbredelsen af teknologien til produktion af græsprotein i 2030.

Tabel 4.3: Netto-klimaeffekt ved dyrkning af græs i stedet for korn i kg CO₂e/ha, samt samlet klimaeffekt ved henholdsvis 50.000 og 100.000 ha med græs i stedet for korn i kt CO₂e/år. Klimaeffekt af fortrængt produktion af halm til energiformål er ikke indregnet.

Antal år efter ændret dyrkning	Netto-klimaeffekt	50.000 ha græs	100.000 ha græs
Gns. 1-10 år	1.500 kg CO ₂ e/ha	75 kt CO ₂ e/år	150 kt CO ₂ e/år

Estimatet for omfanget af dyrkning af græs til græsprotein i 2030 vurderes til at være særdeles usikkert. Dog er der et potentiale på op til 0,15 mio. ton CO₂e/år frem mod 2030.

Hvis grøn bioraffinering skal udvikles til et egentligt klimavirkemiddel kræves:

- Dokumentation for potentialet for kulstoflagring ved at erstatte korn med græs.
- En kraftig reduktion i lattergasemissionerne ved anvendelse af de store mængder kvælstofgødning i græsmarken.
- At der udvikles en strategi til omlægning af græsmarkerne, som ikke medfører risiko for lattergasemissioner.
- At det kan påvises, at fiberfraktionen har en høj foderværdi, når den bruges til malkekøer.

I første omgang er græsprotein udviklet til økologiske brug, da de kan betale en højere pris for proteinprisen, men forudsætningen for en større udbredelse er, at konventionelle landbrug i fremtiden også kan anvende græsprotein som foder.

4.8 Økologi

I Landbrugsaftalen fra oktober 2021 fremgår, at man vil understøtte en fordobling af det økologiske areal. Det økologisk dyrkede areal var i 2021/2022 på 310.000 ha, hvilket er en fordobling i forhold til 2007.

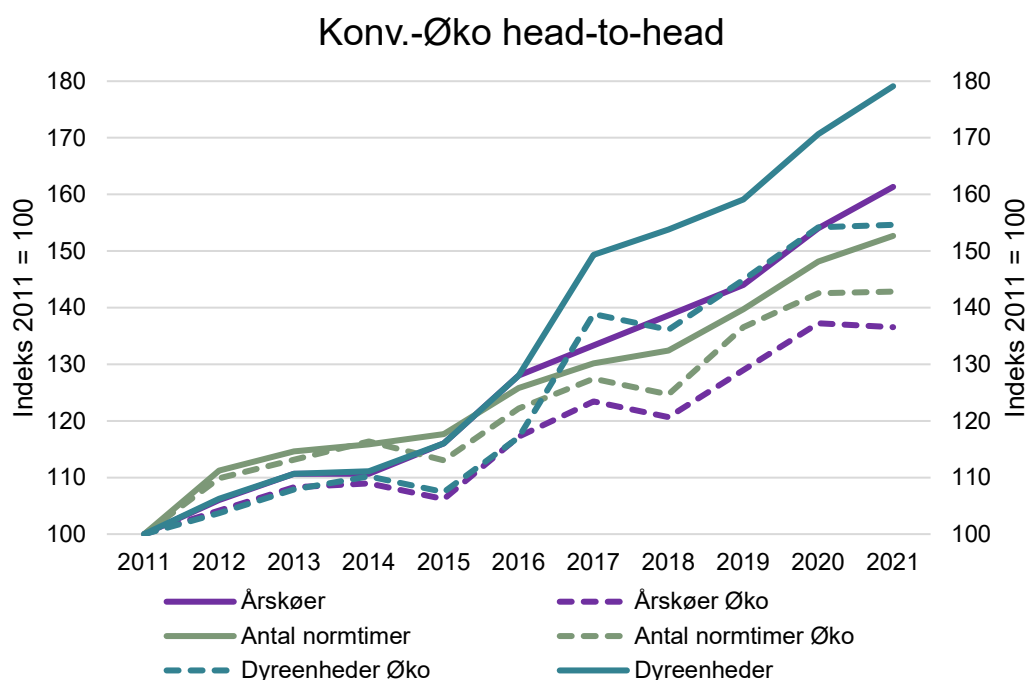
Omlægning af konventionel landbrugsproduktion til økologisk produktion kan have en række klimaeffekter. Det afhænger af, hvad der omlægges fra og til. Klimaeffekten er meget afhængig af, hvordan omlægningen påvirker den samlede husdyrproduktion i Danmark. Historisk set har det været forskellige driftstyper, der har lagt om til økologi i forskellige perioder. I mange år var det mest kvægbrug, der lagde om til økologi. I de senere år har planteavlsbrug udgjort en større andel.

²¹ Eriksen, J. & Jensen, J.L. 2023. Kulstoflagring i kvægsædskiftet. Mundtligt oplæg ved Plantekongres 2023.

I Landbrugsaftalen fremgår, at en fordobling af det økologiske areal medfører en reduktion af drivhusgasudledningen med 500 kt CO₂e/år. For at opnå så stor en reduktion kræver det, at en fordobling af det økologiske areal medfører en reduktion i den animalske produktion. I nedenstående afsnit analyseres to scenarier ved omlægning, hvor det ene medfører uændret animalsk produktion, og det andet medfører en reduktion af den animalske produktion.

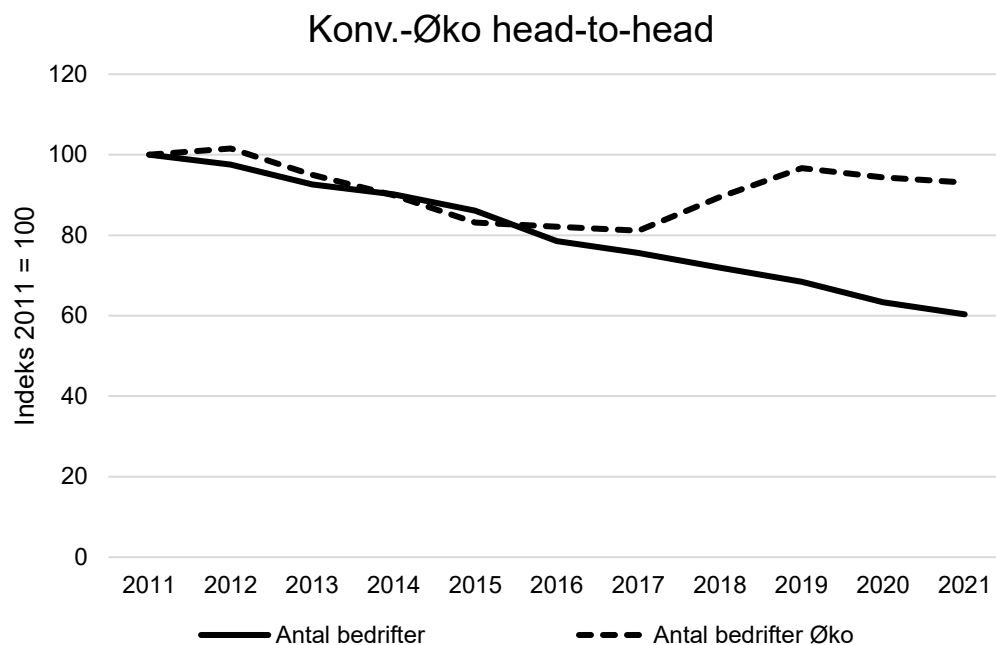
Fordobling af det økologiske areal medfører uændret omfang af den animalske produktion

SEGES Innovation har analyseret udviklingen af de konventionelle og økologiske kvægbedrifter for at sandsynliggøre, hvad effekten er, hvis det økologiske areal fordobles inden 2030. Kvægproduktion er valgt, da andre økologiske driftsformer ikke fylder så meget.



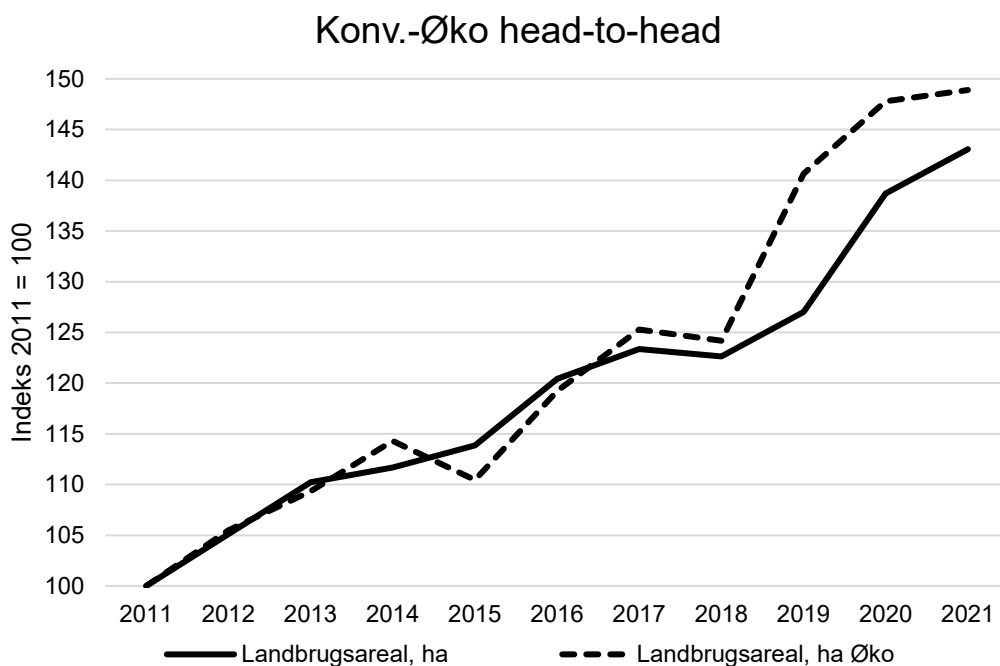
Figur 4.1 Udviklingen i økologiske kvægbrugs størrelse i forhold til den generelle udvikling i kvægbrugs størrelse fra 2011 frem til 2021 med indeks 100 i 2011.

Figur 4.1 viser, at strukturudviklingen sker mindre hurtigt i den økologiske sektor som i den konventionelle.



Figur 4.2 Udvikling i antal kvægbedrifter fra 2011-2021.

Figur 4.2 viser, at faldet i antal kvægbedrifter er mindre på økologiske brug end konventionelle, hvilket for en dels vedkommende skyldes omlægning fra konventionel til økologiske brug.



Figur 4.3 Udviklingen i størrelsen af landbrugsareal

Økologiske brug vokser i samme omfang som konventionelle, men økologiske brug er fra 2018 og frem vokset mere arealmæssigt (Figur 4.3). Det vil sige, at de økologiske brug har fået mere jord end før. Det skyldes blandt andet, at behovet for en højere grad af sikkerhed for foderforsyningen blev anskueliggjort under tørken i 2018.

Når figur 4.1 og figur 4.3 sammenholdes, er der ikke noget der indikerer, at økologiske landmænd får færre dyr, men at de får mere og mere jord. Det viser, at økologiske landmænd indtil nu har udvidet med mere jord fremfor at afvikle husdyrproduktionen ved omlægning til økologi.

Ud fra ovenstående antages, at en øget omlægning til økologi ikke i sig selv påvirker den samlede husdyrproduktion i Danmark. Dermed vil den samlede anvendelse af husdyrgødning også være upåvirket. Den væsentligste klimaeffekt vil da være en reduceret anvendelse af kvælstof i handelsgødning. Der vil også ske ændringer i afgrødevalg, udbytter og dyrkningsmetoder. Det vurderes, at den mest betydende effekt fra den ændrede arealanvendelse vil være et øget areal med kløvergræs.

Forudsætninger:

Aarhus Universitet og DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug har i en analyse opgjort de gennemsnitlige klimaaftryk pr. ha inkl. klimaaftrykket fra husdyrproduktionen for konventionelle og økologiske bedrifter opdelt på kvægbrug, svinebrug, planteavlbrug og øvrige²². Forskellen i klimaaftrykket pr. ha inkl. klimaaftrykket fra husdyrproduktionen er blevet anvendt til at estimere klimaeffekten ved omlægning fra konventionel til økologisk produktion. Dette er dog en misvisende anvendelse af analysens data.

Hovedparten af reduktionen i det beregnede klimaaftryk pr. ha inkl. klimaaftrykket fra husdyrproduktionen fremkommer som et resultat af, at det dyrkede areal pr. årsdyr eller pr. produceret dyr er større i den økologiske produktion end i den konventionelle. Økologiske bedrifter fordeler klimaaftrykket fra husdyrproduktionen på flere hektar, og det har derfor ingen klimaeffekt i forhold til den samlede nationale opgørelse. I Landbrugsaftalen er skønnet, at en fordobling af det økologiske areal vil føre til en drivhusgasreduktion på 500 kt CO₂e/år, men det bygger på ovennævnte forskelle i klimaaftryk pr. ha inkl. klimaaftrykket fra husdyrproduktionen. Ud fra antagelsen at omlægning til økologi ikke i sig selv fører til væsentlige ændringer i den samlede husdyrproduktion i Danmark, er der tale om en stor overestimering af klimaeffekten ved omlægning til økologi.

Klimaeffekten ved omlægning af 300.000 ha til økologi vurderes her alene ud fra den reducerede anvendelse af kvælstof i handelsgødning og en øget dyrkning af kløvergræs, da øvrige effekter af omlægning til økologi vurderes at være af mindre betydning.

Det er forudsat, at det i den konventionelle produktion før omlægning til økologi er muligt at anvende i gennemsnit 175 kg N/ha (udnyttet N). Der er to forskellige lofter for anvendelse af kvælstof på økologiske bedrifter afhængig af, om den enkelte bedrift følger de almindelige økologiregler (max. 107 kg udnyttet N/ha) eller får det særlige arealtilskud for maksimalt at anvende 65 kg udnyttet N/ha.

Blandt eksisterende økologiske bedrifter er det ca. en tredjedel, der modtager det særlige arealtilskud. Her er forudsat, at der også vil være en tredjedel af nye økologiske bedrifter, der vil benytte det særlige arealtilskud. Nye økologiske bedrifter kan da i gennemsnit anvende 93 kg udnyttet N/ha. Der vil således være tale om en reduktion i anvendelsen af N i handelsgødning på ca. 82 kg N/ha, når der omlægges til økologi. Med en lattergas-emissionsfaktor på 1,0 % og en GWP₁₀₀-værdi på 298 giver det en reduktion i udledningen af lattergas svarende til 384 kg CO₂e/ha/år. Hvis emissionsfaktoren for lattergas fra handelsgødning f.eks. nedsættes til 0,4 %, giver det kun en reduktion i udledning af lattergas svarende til 154 kg CO₂e/ha/år.

Omlægning fra dyrkning af korn til dyrkning af kløvergræs er i gennemsnit vurderet til at øge kulstoflagringen i jorden med 2.200 kg CO₂e/ha/år med kløvergræs de første 10 år efter omlægningen, (se afsnit 4.6). På konventionelle kvægbrug udgør kløvergræs i gennemsnit ca. 30 % af arealet. På økologiske kvægbrug udgør kløvergræs i gennemsnit ca. 50 % af det dyrkede areal²³. Her er estimeret, at arealet med kløvergræs øges med ca. 30.000 ha ved en fordobling af det økologiske areal.

²² Kristensen, T. m.fl. 2020. Estimering af national klimaeffekt for omlægning til økologisk jordbrug, Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

²³ Kristensen, T. m.fl. 2020. Estimering af national klimaeffekt for omlægning til økologisk jordbrug, Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

I Landbrugsaftalen er det skønnet, at en fordobling af det økologiske areal vil føre til en drivhusgasreduktion på 500 kt CO₂e/år. Her er effekten estimeret til 181 kt CO₂e/år under forudsætning af, at omlægningen til økologi ikke i sig selv fører til væsentlige ændringer i den samlede husdyrproduktion.

Tabel 4.4: Klimaeffekt ved omlægning til økologi

Klimaeffekter*	Klimaeffekt pr. ha omlagt til økologi, kg CO ₂ e/ha	Omlægning af 100.000 ha, kt CO ₂ e/år	Omlægning af 200.000 ha, kt CO ₂ e/år	Omlægning af 300.000 ha, kt CO ₂ e/år
Mindre handelsgødning	384	38,4	76,8	115,2
Øget areal med kløvergræs	220	22,0	44,0	66,0
Samlet klimaeffekt		60,4	120,8	181,2

* Beregningerne er baseret på: 1) en reduceret anvendelse af handelsgødning på 83 kg N/ha, der omlægges, 2) en reduceret anvendelse af handelsgødning på 83 kg N/ha, der omlægges, 3) 0,1 ha ekstra kløvergræs pr. ha, der omlægges, 4) nuværende lattergas-emissionsfaktor på 1,0 %, 5) omlægning til kløvergræs gælder som gennemsnit for de første 10 år efter omlægningen.

Det vurderes, at de forventede ændringer i anvendelsen af kvælstofgødning ved omlægning til økologi er relativt sikkert estimeret. Klimaeffekten af en reduceret kvælstofanvendelse er imidlertid sandsynligvis overestimeret, fordi den reelle emission af lattergas fra anvendelse af kvælstofgødning formentlig er lavere end 1 %. Det vurderes også, at omlægning til økologi ikke i sig selv fører til reduktioner i den samlede husdyrbestand og -produktion. Omlægning til økologi vil øge arealforbruget til at opretholde en uændret husdyrproduktion, fordi udbyttepr. ha falder. Udbyttepr. ha ved økologisk planteproduktion udgør typisk 60-70 % af udbyttet ved konventionel produktion. Omlægning til økologi vil føre til en mindre produktion af halm. Det vil alt andet lige betyde, at der på nationalt plan bliver et mindre overskud af halm, der kan anvendes til energiproduktion (kraft/varme eller biogas). Potentialet vurderes til at være op imod 0,181 mio. ton CO₂e frem mod 2030.

Fordobling af det økologiske areal medfører en reduktion i den animalske produktion

I forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport har SEGES Innovation haft en dialog med Innovationscenter for Økologisk Landbrug. Innovationscenter for Økologisk Landbrug (ICOEL) har forfattet nedenstående afsnit.

Forudsætninger:

Fordobling af det økologiske areal er vurderet af førende eksperter til at kunne bidrage til at reducere landbrugets samlede udledning af CO₂e og indgår derfor som en del af løsningen ift. at bringe samfundet i mål i 2030 med klimamålsætningerne i Landbrugsaftalen. I Landbrugsaftalen er der en ambition om, at fordoblingen af det økologiske areal årligt skal reducere udledningen med 0,5 mio. ton CO₂e i fødevarerhvervet i 2030.

Økologisk produktion er en samlet EU-reguleret landbrugsproduktionsform, der generelt resulterer i lavere drivhusgasudledninger end den konventionelle produktion pr. ha baseret på review af national og international litteratur.²⁵ I forhold til den danske klimamålsætning er det udledningen pr. ha, der er relevant, da drivhusgasopgørelsen bruger det territoriale princip jf. FN's klimapanel, IPCC. Den lavere klimaudledning pr. ha er relateret til forskelle i gødningsanvendelse, sædskifte, andel af græs og dyretæthed i forhold til konventionel produktion. Omkring 1/3 af klimaeffekten for økologi tilskrives øget kulstoflagring i jorden.

Effektberegningen af økologi som klimavirkemiddel vil afhænge af antagelser om den fremtidige fordeling af produktionssystemer og metode, som diskuteret og fremlagt af Aarhus Universitet i myndighedsopgave til Landbrugsstyrelsen²⁴, hvor det fremgår, at der er en betydelig effekt af sammensætningen af driftsgrene på den vægtede gennemsnitlige udledning, såvel inden for produktionsform som på den relative forskel mellem de to produktionsformer. Emissionen fra malkekvæg er væsentlig højere end fra planteavl, hvorfor andelen af malkekvæg har markant betydning på det generelle estimat.

²⁴ Kristensen, T. m.fl. 2020. Estimering af national klimaeffekt for omlægning til økologisk jordbrug, Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Aarhus Universitet har vurderet effekten værende op til ca. 2 ton CO₂e/ha/år ud fra struktursammensætningen i det danske landbrug²⁵. Ud fra det areal, der anvendes i Danmark, viser resultaterne, at økologisk produktion i forhold til konventionel inden for samme driftstype reducerer emissionerne med: 775 kg CO₂e/ha ved planteavl, 3.600 kg CO₂e/ha ved kvægproduktion og 3.700 kg CO₂e/ha ved svineproduktion.

Tabel 4.5 Klimaeffekt per hektar, ved omlægning til økologisk produktion, inkl. jordpuljeændringer.

	Planteavl	Kvæg	Gris
Klimaeffekt, kg CO ₂ e/ha	775	3.600	3.700

Tabel 4.6 Klimaeffekt ved omlægning til økologi, vurderet ud fra struktursammensætningen i det danske landbrug.

Gennemsnitlig klima-effekt pr. hektar omlagt til økologi, kg CO ₂ e/ha	Omlægning af 100.000 ha, kt CO ₂ e/ha	Omlægning af 200.000 ha, kt CO ₂ e/ha	Omlægning af 300.000 ha, kt CO ₂ e/ha
2.000	200	400	600

Tabel 4.5 viser klimaeffekten pr. ha omlagt til økologi fordelt på forskellige driftsgrene. Den faktiske klimaeffekt ved en fordobling af det økologiske areal vil afhænge af, hvilke typer af bedrifter der omlægges. Aarhus Universitet har vurderet en gennemsnitlig klimaeffekt pr. ha på op til 2 ton CO₂e/år, ud fra struktursammensætningen i det danske landbrug. Ud fra dette kan klimaeffekten ved omlægning vurderes som i tabel 4.6.

I tallene er indregnet ændringer i jordpuljen. Baseret på dette og med en forventet fordobling i det økologiske areal fra ca. 300.000 ha i 2007 til ca. 600.000 ha i 2030 har Miljø- og Fødevarerministeriet estimeret en samlet reduktion på 0,5 mio. ton CO₂e/år. Der er ikke taget højde for eventuelle forskydninger mellem driftsgrene i den økologiske produktion i forhold til i dag, og det antages ikke, at der produceres samme mængde fødevarer, som hvis arealerne ikke blev omlagt.

Fordobling af det økologiske areal er et relevant klimavirkemiddel, da det muliggør en landbrugsproduktion baseret på højværdi og samtidig leverer betydelige reduktioner i den nationale udledning af klimagasser fra landbruget. Samtidig bidrager fordoblingen af det økologiske areal til at nå andre mål i forbindelse med grøn omstilling, herunder reduktion i anvendelse af pesticider og lavere kvælstofforbrug. Men denne omlægning vil medføre nogle barrierer eksempelvis adgang til tilstrækkelige næringsstoffer, som der skal tages højde for.

Et scenarie, hvor den nuværende økologiske animalske produktion fastholdes, og det udvidede areal på ca. 300.000 ha er landbrugsjord i omdrift, vil stille de størst mulige krav til næringsstofforsyningen. Scenariet kan betragtes som et worst-case scenarie i denne sammenhæng.

I en markedsdrevet virkelighed vil der ske udviklinger i forskellige retninger på alle produktionsgrene. Mælkeægge- og griseproduktionen, der følger konjunkturerne, er helt aktuelt presset på afsætning. Den animalske produktion vil finde nye niveauer i takt med, at det økologiske areal vokser, og den nuværende økonomiske afmatning bliver vendt. Derudover forventes et stigende krav til økologiske planteprodukter og proteinafgrøder, som vil indgå i den forventede vækst af økologisk areal.

Biogasproduktionen er et så markant vækstområde, at der allerede er kamp om de råvarer fra landbruget, der kan producere gas. Husdyrgødning og halm er de oplagte kilder, der arbejdes intenst med at trække ind i gasproduktionen. Økologisk kløvergræs er ved at være den eneste hovedafgrøde, der kan bjerges og sælges til biogasproduktion. Majs som energiafgrøde er under udfasning og vil efter planen være helt væk i 2025. Konsekvensen vil være, at økologiske planteavlere kan benytte sig af muligheden for at have kløvergræs i

sædskiftet og sælge biomassegas, modtage afgasset gødning og dernæst udnytte den betydelige forfrugtsvirkning, der udløses, når kløvergræsset opløjes forud for en ny salgsafgrøde.

En del af de nye økologiske arealer vil være ekstensive arealer udenfor egentlig omdrift. Nogle vil have et vist kvælstofbehov, andre vil være mere naturlignende eventuelt tilknyttet udtagings- og miljøordninger som brak, BNBO, ændret afvanding osv. Den andel af det nye økologiske areal, der har eller får sådan en status, skal holdes udenfor beregning af næringsstofbehov ved fordoblingsmålene.

Sammenfatning af reduktionspotentialet:

På baggrund af dialogen med ICOEL vurderes effekten af fordobling af det økologiske areal at ligge mellem 0,181 mio. ton CO₂e/år, som er vurderingen fra SEGES Innovation, til 0,5 mio. ton CO₂e/år som er vurderingen i Landbrugsaftalen og fra ICOEL.

Da disse estimater begge er estimater af et fremtidsscenario, vil den estimerede effekt af omlægning fra konventionel til økologisk produktion som klimavirkemiddel hovedsagelig være afhængig af antagelsen forud for beregningen. Det er antagelsen om, at et reduceret dyretryk pr. ha resulterer i et lavere antal dyr (her kvæg) på landsplan, eller antagelsen om at antal dyr vil forblive uændret på landsplan.

4.9 Produktivitet i marken

Øget produktivitet defineres som en øget produktion i forhold til forbruget af ressourcer. I planteproduktionen kan en øget produktivitet ses i forhold til en række forskellige ressourcer: Arealforbrug, gødningsforbrug, arbejdskraft m.v. Produktiviteten har afgørende betydning for produkternes klimaaftryk pr. produceret enhed, og dermed på, hvor klimaeffektiv produktionen er. Produktiviteten har derimod meget lille betydning for det territoriale klimaaftryk i sektor Landbrug og sektor LULUCF. Der er dog situationer, hvor en produktivetsforbedring også vil påvirke det territoriale klimaaftryk. Højere udbytter pr. ha vil generelt også føre til et større input af kulstof til jorden og dermed en øget kulstoflagring. Set over hele perioden fra 1990 til 2030 har der været en betydelig effekt. Højere udbytter i forhold til forbruget af kvælstofgødning vil føre til lavere kvælstoftab, især lavere kvælstofudvaskning. Disse effekter af produktivetsforbedringer er imidlertid allerede indregnet under dels kulstof i jord på mineraljord og i opgørelsen af emissioner af lattergas fra nitratudvaskning. Det vurderes derfor, at der ikke er nævneværdige yderligere effekter af produktivetsforbedringer på det territoriale klimaaftryk i sektor Landbrug og sektor LULUCF.

Øget produktivitet i markbruget kan have en afledt effekt på det territoriale klimaaftryk i energisektoren, fordi en øget produktion også vil betyde en øget mængde restbiomasse, primært halm, der på forskellig vis kan fortrænge forbrug af fossil energi.

Forudsætninger:

Betydende effekter på det territoriale klimaaftryk i sektorerne landbrug og LULUCF er indregnet under andre virkemidler/emissionskilder.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Der er intet betydeligt yderligere reduktionspotentiale i sektorerne landbrug og LULUCF.

5. Klimavirkemidler - Kvæg

5.1 Gylleforsuring i stald

Forsuring af gylle med svovlsyre er som teknologi 'JH Forsuring NH₄⁺ - Kvægstalde med ringkanal eller bagskylskanal' optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste²⁵.

Svovlsyreforsuring kan etableres i kvægstalde med gyllesystemet ringkanal og fungerer ved at omrøring af gyllen i stalden startes. Efter 10-20 minutters omrøring tilsættes løbende syre fra syretanken til gyllen. Mængden af syre, som tilsættes, er afhængig af den forrige dags pH-måling, hvor der tilstræbes en pH på 5,5.

En afprøvning i to kvægstalde med daglig forsuring af gyllen viste, at gylleforsuring reducerer ammoniakemissionen fra stalden med 33 %²⁶. Udover, at svovlsyreforsuring har en effekt på ammoniak, har den ligeledes en effekt på metan, hvor mikroorganismene påvirkes af svovlsyren. I den tidligere nævnte afprøvning reducerer svovlsyreforsuringen metanemissionen med gennemsnitligt 12,4 %. Men da luftskiftet er beregnet ud fra staldens CO₂-indhold, og CO₂-produktionen fra gyllen er mindre, når gyllen er forsuret, blev resultatet korrigeret til at reducere metanemissionen med 16,4 %. Reduktionen skal ses i forhold til, at gyllens andel af staldens samlede metanemission formodentlig udgør mindre end 20 %, idet den enteriske metanproduktion i dyrene bidrager med langt størstedelen fra malkekvægstalde. Derved blev effekten på metanemissionen fra gyllen ca. 80 % i undersøgelsen. Det er dog forbundet med nogen usikkerhed dels pga. korrektionen, dels pga. den høje enteriske metanproduktion i stalden. Svovlsyreforbruget i afprøvningen lå på 5,7 kg konc. svovlsyre/m³ gylle.

Laboratorieforsøg har vist, at daglig forsuring af kvæggylle med svovlsyre eller eddikesyre reducerede metanemissionen med hhv. 89 % og 97 %²⁷. Resultaterne indikerer, at der er et potentiale for en stor metanreduktion fra gyllen i kvægstalde.

Når den forsurede gylle ledes fra stalden og til lageret, vil forsuringen af gyllen også have en reducerende effekt på metanemissionen fra lageret. På grund af det høje svovlindhold i forsuret gylle ønsker biogasanlæg ikke, eller kun i mindre grad, at modtage staldforsuret gylle, da det hæmmer de metanproducerende mikroorganismer i biogasanlægget.

Svovlsyreforsuring af gyllen vil bidrage med et højere ammoniumindhold i gyllen ved udbringning, og ammoniakfordampningen vil være mindre under udbringningen. Ved udbringning af forsuret gylle i marken stiger behovet for kalkning. Kalkbehovet er usikkert, men vurderes at udgøre i størrelsesordenen 1,0-1,8 kg calciumkarbonat (CaCO₃)/l svovlsyre²⁸. Kalkningen vil øge CO₂-emissionen fra markdriften. Svovlindholdet i forsuret kvæggylle er højt, og vil ofte kunne opfylde afgrødernes behov for svovl.

I 2021 er det oplyst fra JH Agro A/S, at svovlsyreforsuring var etableret hos 14.800 køer (2,6 %) og 13.000 opdræt (2,0 %). For opdræt skal bemærkes, at dette tal kan være misvisende, da antal kvier er oplyst ud fra det CHR-nummer, hvor forsuringsanlægget er placeret. Forsuringsanlæg er typisk opstillet ved kostalden, hvor en andel af kvierne også kan være opstaldet, men kvierne kan også være opstaldet i andre stalde på ejendommen, som er uden forsuring. Andel af opdræt opstaldet i staldsystem med forsuring vurderes derfor at være noget lavere end 2,0 %, hvor 1,0 % sandsynligvis vil være mere retvisende dvs. 6.500 opdræt.

²⁵ Miljøstyrelsens Teknologiliste, 2012. Staldindretning (mst.dk)

²⁶ Kasper, L. P., M. D. Dolriis, A. Fuchs, P. Kai og A. L. Riis. 2022. Svovlforsuring i kvægstalde. SEGES Innovation, rapport.

²⁷ Jensen, J. P., H. Krogh, P. Sørensen og S.O. Petersen. 2018. Potentielle miljøeffekter ved anvendelse af forsuret gylle på landbrugsjord. Aarhus Universitets, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Rapport nr. 257.

²⁸ Kasper, L. P., M. D. Dolriis, A. Fuchs, P. Kai og A. L. Riis. 2022. Svovlforsuring i kvægstalde. SEGES Innovation, rapport.

På baggrund af en nedjustering af ammoniakreduktionen fra 50 % til 33 %²⁹ efter effekten af svovlsyrebehandling blev dokumenteret i to kvægstalde, forventes der ikke en stor stigning i etablering af gylleforsuring i kvægstalde. JH Agro A/S har en forventning om salg af 1-2 forsøringsanlæg til kvægstalde frem mod 2030.

Forudsætninger:

Der er kun lavet få undersøgelser af effekten af svovlsyrebehandling af gyllen på metanemissionen. I praksis er der fundet en reduktion af metan på 16,4 %³⁰ svarende til en reduktion i gyllens metanemission på 80 %. I laboratorieforsøg blev der fundet en effekt på 89 % ved svovlforsuring af kvæggylle. Der er endnu ingen emissionsmålinger på lagertanke, som opbevarer staldforsuret gylle. Aarhus Universitets har angivet et konservativt estimat på en metanreduktion på 70 % fra stald og lager, når der anvendes svovlsyreforsuring i stalden³¹.

I Aarhus Universitets høringsudkast til virkemiddelkatalog³² fastsættes andelen af metan (CH₄) fra kvæggylle i stalde med spalter og ringkanal til 2,5 kg CH₄/ton gylle inkl. lager. Fordelingen mellem stald og lager er beregnet til 1,7 kg fra stald og 0,8 kg fra lager. Dog er dette estimat højere end i den nationale opgørelse³³, hvor lagerbidraget fra stalde med ringkanal kan estimeres til 0,63 kg CH₄/ton gylle og dermed samlet 2,33 kg fra stald og lager.

Økologiske husdyrbrug må ikke anvende svovlsyre, men der er forsøg, der indikerer, at naturlige syrer, som økologerne må anvende, også har en effekt. Dette kræver dog mere dokumentation.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Den samlede effekt af gylleforsuring (stald og lager) i stalde med ringkanal er estimeret til en reduktionseffekt på 70 %, hvilket svarer til en reduktion på 41 kg CO₂e/ton gylle (GWP₁₀₀-værdi for metan på 25). Ved 14.800 køer og 6.500 stk. opdræt svarer det til 516.000 ton gylle og 21 kt CO₂e/år. Der forventes dog ikke en yderligere reduktion frem mod 2030, da antallet af anlæg ikke forventes at stige. De 21 kt CO₂e er allerede indregnet i den nationale opgørelse, og da det ikke forventes, at der etableres flere anlæg, sættes effekten til 0 frem mod 2030.

5.2 Drænet fast gulv med gødningsskraber og ajlefløb

Når gyllens opholdstid i stalden reduceres, vil metanemissionen fra gyllen i stalden også blive mindre. Drænet fast gulv med ajlefløb og gødningsskraber defineres som: Gulv i gangarealer med 1-3 % fald mod en eller flere ajlerender i gulvets længderetning eller spalteåbninger på tværs af gulvets længderetning. Åbningsarealet til eventuel underliggende gyllekanal må maksimalt udgøre 5 % af gangarealet. Gulvet skrubes rent for gødning mindst 12 gange dagligt.

Den hyppige skrabning vil sammen med dræning af ajlen bidrage til, at ammoniakemissionen fra disse stalde er 23 % lavere end ammoniakemissionen fra kvægstalde med ringkanal, hvilket disse kvægstalde er godkendt til. Næsten alle nye kvægstalde indrettes med dette gødningssystem. Systemet er velfungerende sammen med sand i sengebåsene, da sandet bidrager til et mere skridsikkert gulv, og skraberne sikrer, at sandet kan komme ud af stalden igen.

²⁹ Miljøstyrelsens Teknologiliste, 2012. Staldindretning (mst.dk)

³⁰ Miljøstyrelsens Teknologiliste, 2012. Staldindretning (mst.dk)

³¹ Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

³² Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

³³ Nielsen, O.K. et al. (2022): Denmark's National inventory report 2022. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi. Rapport nr. 494.

Forudsætninger:

Der foreligger ingen emissionsmålinger af metan på staldsystemet. Aarhus Universitet har givet et estimat på effekten³⁴, hvis fast drænet gulv med skraber og ajlefløb sammenlignes med sengebåsestald med spalter og ringkanal. Der forventes en reduceret metanemission på 91 % pga. gyllens kortere opholdstid i stalden, hvilket svarer til, at metanemissionen fra stalden reduceres til 0,2 kg CH₄/ton gylle. Tallet er estimeret ud fra, at en sengebåsestald med spalter og ringkanal er beregnet til en udledning på 1,7 kg CH₄/ton gylle pga. gyllens opholdstid i stalden.

Lagerbidraget fra kvæggylle er lavt, hvilket skyldes, at gyllen løbende køres ud på marken i perioden ultimo maj til primo august. Derved mindskes metanemissionen fra lageret i den varme sommerperiode. I den nationale opgørelse³⁵ fastsættes lagertabet fra kvæggylle til 0,7 kg CH₄/ton gylle, mens der i Aarhus Universitets udkast til virkemiddelkatalog³⁶ vurderes 14 % højere metanemission fra lageret, når gyllen dagligt fjernes fra stalden. Derved bliver estimatet for metanemission fra gyllelageret 0,73 kg CH₄/ton gylle ved daglig skrabning.

Den samlede metanemission fra gyllen fra kvægstalde med fast drænet gulv med skraber og ajlefløb er dermed 0,93 kg CH₄/ton gylle, hvor den fra kvægstalde med spalter og ringkanal/bagskyl er 2,33 kg CH₄ /ton gylle.

Staldsystemet kan anvendes af både økologiske og konventionelle kvægbrug. Dog vil systemet have mindre effekt i systemer med afgræsning.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

I nedenstående tabel er et uddrag af landbrugsfremskrivningen (Energistyrelsen), hvor den forventede procentfordeling af staldtyper for malkekøer fremgår.

Tabel 5.1: Fordelingen af staldtyper for malkekøer (%) - Tung race (85 %) og Jersey (15 %)

	2020	2030
Sengebåsestald med spalter og ringkanal/bagskyl	37	30
Sengebåsestald med fast drænet gulv med skraber og ajlefløb	24	42
Sengebåsestald med fast gulv	14	10
Sengebåsestald m. spaltegulv (0,4m kanal, linespil)	19	15
Bindestalde	3	0
Dybstrøelse ¹	3	3

¹ Emissionsfaktoren fra dybstrøelse er ikke medtaget i beregningen.

Af tabel 5.1 fremgår, at 37 % af gyllen i 2020 var fra stalde med ringkanal/bagskyl samt 1-2 % fra bindestalde med riste og gyllekanal. Dermed var ca. 38 % af gyllen fra stalde, hvor gyllen havde lang opholdstid i stalden. 57 % af gyllen var fra stalde med daglig udslusning og hertil 1-2 % fra bindestalde med grebning. Dermed var ca. 59 % af gyllen fra stalde, hvor gyllen havde kort opholdstid i stalden. Forventningen er, at andelen af staldpladser med spalter og ringkanal reduceres med 7 procentenheder i perioden 2020 til 2030, mens de gamle bindestalde udgår. Andelen af staldpladser i stalde med daglig udslusning øges i samme periode med 10 procentenheder. I forhold til 2020 vil udviklingen i staldtyper derfor medføre en mindre metanemission svarende til 55 kt CO₂e frem til 2030.

³⁴ Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

³⁵ Nielsen, O.K. m.fl. 2022. Denmark's National inventory report 2022. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi, Rapport nr. 494.

³⁶ Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitets, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Der vil være en yderligere klimamæssig gevinst, hvis den friske gylle enten leveres til et biogasanlæg – eller alternativt, at der i gylletanken enten praktiseres lavdosis lagerforsuring eller fakkelafløb ved teltoverdækkede gylletanke, se tabel 5.2.

Tabel 5.2: Effekt af virkemidler til reduktion af metan i kvægstalde og gødningslagre

Virkemidler ¹	Reduceret metanemission fra stald og lager ²	
	%	CO ₂ e/ton gylle
Spalter og ringkanal (2,33 kg CH ₄ /ton gylle ~ 58 kg CO ₂ e/ton gylle)	0	0
Fast drænet gulv med skraber og ajlefløb (0,93 kg CH ₄ /ton gylle)	60%	35 kg
Fast drænet gulv med skraber og ajlefløb + biogas	79%	46 kg
Fast drænet gulv med skraber og ajlefløb + lagerforsuring	79%	46 kg
Fast drænet gulv med skraber og ajlefløb + fakkelafløb	80%	47 kg

¹ Emissionsfaktor - DCE: gns. 1,48 kg CH₄/ton gylle

² Teoretisk beregnet estimat, hvor især meremission fra lager fra hyppig udsluset gylle vurderes at være usikker

Ved at kombinere effekten af hyppig udslusning med én af lagerbehandlingerne (58 % biogas, 42 % på forsuring og fakkelafløb) er potentialet for det øgede antal stalde med fast gulv og daglig udslusning altså 73 kt CO₂e/år i 2030.

5.3 Foderadditiver til reduktion af enterisk metan

Det er velkendt, at drøvtyggere udleder metan, og det er den største enkeltpost i klimaaftrykket på mælkeproduktion med nuværende regnemetoder fra IPPC. Derfor har det stor effekt på mælkens klimaaftryk, hvis man kan reducere metanemissionen fra koen. Omsætning af kulhydrater i vommen resulterer i bl.a. dannelsen af brint, som forbruges af metanogene mikroorganismer, hvorved metan dannes. Denne form for metan omtales ofte som enterisk metan. Bovaer® er et kommercielt fodertilsætningsstof til køer fra det hollandske firma DSM. Bovaer® indeholder det aktive stof 3-nitrooxypropanol (3-NOP), som blokerer det sidste enzym i metandannelsen, hvormed metanudledning fra drøvtyggere reduceres, og brintproduktionen mangedobles.

Bovaer® er godkendt af "EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed" (FEEDAP) med konklusionen om, at det ikke er skadeligt for koen, forbrugeren eller miljøet/klimaet ved anvendelse af anbefalet dosering. Bovaer® kan ikke anvendes i økologisk produktion.

Forudsætninger:

Bovaer® skal tildeles kørerne hver eneste dag og løbende over døgnet for at opnå den fulde effekt. Effekten af Bovaer® er nedsat, hvis man har kørerne på græs, da tildeling er svær ved afgræsning. Desto længere tid kørerne er på græs, desto ringere forventes effekten af 3-NOP at være på metanudledning. Hvis man anvender døgnafgræsning, vurderes effekten af at tildele Bovaer® som meget begrænset. Hvis man derimod kun har kørerne på afgræsning en del af døgnet, så vil det være muligt at tildele Bovaer® i foderet på stald og få en mindre reduktion, men få studier har belyst dette. Under danske forhold, hvor kørerne oftest kun afgræsser 6-10 timer pr. dag, må det forventes, at Bovaer® stadig vil reducere køernes metanudledning, hvis det iblandes fuldfoderet, som kørerne modtager i perioden på stald.

Bovaer® iblandes mineralblandingen på mineralfabrikken og tildeles kørerne via fuldfoderet. Den optimale mængde ud fra nuværende forsøg og afprøvninger er 60 mg/kg TS/ko/dag, således at der sikres maksimal reduktion af metan samtidig med, at foderoptagelse og mælkeproduktion opretholdes. Effekten af Bovaer® på metandannelsen er veldokumenteret i litteraturen og afhænger af dosis, tildelingsmetode, rations sammensætning og fodringsmanagement.

En metanalyse på tværs af universitetsforsøg udført i NorFor-regi viser, at når kørerne har adgang til fuldfoder af en typisk dansk ration med Bovaer® hele døgnet, og man anvender en dosis på 60 mg/kg TS, kan man forvente en reduktion i enterisk metan på ca. 30 %³⁷. Dette passer godt med nyere forsøg fra Holland³⁸ og Danmark³⁹. Besætningsafprøvninger udført af SEGES Innovation med en dosis på 60 mg/kg TS indikerer dog en lidt større reduktion på ca. 35 %^{40,41}. Dette kan forklares med, at der anvendes relativt meget majsensilage i danske rationer, og studier fra Danmark⁴² og Holland har netop vist, at der er størst reduktion i metanudledningen fra køer, som æder en majsbaseret ration sammenlignet med en græs-baseret ration. Det skyldes formentlig, at majsensilage indeholder færre fibre end græs, hvilket metaanalysen fra NorFor med 14 studier bekræfter⁴³.

Økologiske bedrifter må ikke anvende syntetisk fremstillede foderadditiver som Bovaer®. Der er forskning i gang, der skal finde naturlige alternativer, eksempelvis tang der kan anvendes i økologisk landbrug.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

I Danmark forventes der i 2030 ca. 565.000 årskøer af malke race, hvoraf de 75.000 forventes at være økologiske. Det vil sige, at 441.000 årskøer kan potentielt anvende Bovaer®. Når praksismålinger lægges til grund for effekten, kan der opnås en effekt på helt op til 35 %, svarende til en reduktion på ca. 0,71 mio. ton CO₂e for malkekøer. Hvis også goldperioden inkluderes forventes et reduktionspotentiale på yderligere 0,034 mio. ton CO₂e årligt.

Der forventes en effekt på opdræt på niveau med malkekøerne – ca. 30% på enterisk metan, hvilket vil det give en reduktion på 0,165 mio. ton CO₂e/år for opdræt.

For ungtyre/slagtekalve forventes en effekt på ca. 40% reduktion af enterisk metan, som giver en samlet effekt på ca. 0,052 mio. ton CO₂e/år.

Hvis 75-100 % af de konventionelle køer, opdræt og tyre fodres med Bovaer® eller et lignende produkt, er reduktionspotentialet på mellem 0,72 til 0,96 mio. ton CO₂e/år.

5.4 Fedt i foderet til reduktion af enterisk metan

Et andet virkemiddel til at reducere drøvtyggers metanudledning, herunder enterisk metan, er at tilsætte fedt i foderet. Der har været størst fokus på rapsfedt, da drivhusgasudledningen ved rapsfedt er betydeligt mindre end f.eks. det kommercielle palmefedt, der anvendes til konventionel mælkeproduktion^{44 45}. Danish Crown har således sat en udløbsdato for brugen af palmefedt til grise, og derfor er det også sandsynligt, at noget lignende vil ske på kvægsiden.

³⁷ NorFor. Metaanalyse af forskningsdata 2023. Upubliceret.

³⁸ Van Gastelen m. fl. 2022. Methane mitigation potential of 3-nitrooxypropanol in lactating cows is influenced by basal diet composition. J. Dairy Sci. 105:4064–4082.

³⁹ Maigaard m.fl. 2022. Effekten af 3NOP af hænger af dosis og grovfodertype. Fodringsdagen 2022.

⁴⁰ Nielsen m.fl. 2022. Stof X reducerer køernes metan emission uden forringelse af mælkeproduktion eller fodereffektivitet. Fodringsdagen 2022.

⁴¹ Upubliceret, igangværende målinger af metan hos mælkeproducenter

⁴² Maigaard m.fl. 2022. Effekten af 3NOP af hænger af dosis og grovfodertype. Fodringsdagen 2022.

⁴³ NorFor. Metaanalyse af forskningsdata 2023. Upubliceret.

⁴⁴ Mogensen m.fl. 2018. Bæredygtighedsparametre for konventionelle fodermidler til kvæg. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Rapport nr. 116.

⁴⁵ GFLI database on feeds. 2022.

Mekanismen, hvorved fedt nedsætter metanudledningen, skyldes flere ting:

- Fedt erstatter især kulhydrater (som så ikke giver substrat til metan).
- Fedt omsættes ikke i vommen.
- Umættede fedtsyrer (f.eks. rapsfedt) binder noget hydrogen, som er substrat til dannelsen af metan.
- Visse fedtsyrer kan hæmme metanproducerende bakterier.
- Visse fedtsyrer kan hæmme fibernedbrydende bakterier.

Forudsætninger:

Det er formentligt optimalt, at fedt tildeles jævnt over døgnet, og her er fuldfoder oplagt. Hvis køerne er på døgnafgræsning, er en jævn tildeling af fedt svært. Afgræsning den halve tid af døgnet gør tildeling nemmere, men man må ikke forvente at kunne tildele dobbelt dosis rapsfrø med gode resultater, da køers foderoptagelse og produktion falder ved mere end 45-50 g rapsfrø-fedtsyrer i rationen⁴⁶.

I Danmark findes ca. 565.000 årskøer af malke race, og ca. 75.000 er økologiske. Samme fordeling og antal køer antages i 2030. En årsko antages at være malkende i 325 dage og have et foderoptag på 24 kg TS/dag og en metanproduktion på 456 g CH₄/dag (19 g CH₄/kg TS * 24 kg TS)^{47,48,49}.

Det forudsættes, at økologiske køer kun tildeles rapsfedt i 6 mdr. om året, og at konventionelle køer tildeles rapsfedt 12 mdr. om året.

Det forudsættes, at der både er konventionelle og økologiske rapsfrø til stede i markedet, specielt det sidste kan blive en mangelvare.

Endvidere gøres der opmærksom på, at undersøgelser har indikeret, at gylle fra køer, der fodres med større mængder fedt, har et lidt højere biogas-potentiale, da fedtindholdet i gyllen øges.

Fedt i foderet kan anvendes af både konventionelle og økologiske kvægbrug. Men da effekten ikke er additiv, og størstedelen af konventionelle landmænd forventes at anvende foderadditiver som Bovaer®, er effekten her kun regnet på økologiske brug.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Danske og internationale forsøg med rapsfrø har fundet reduktioner i metanemissionen ved fodring med rapsfrø på ca. 4 % pr. 10 g ekstra fedtsyrer pr. kg TS-optag⁵⁰. Konventionelle malkekøer fodres i forvejen med ca. 35 g fedtsyrer/kg TS (jf. SEGES Innovations foderkontroller), og økologiske malkekøer med ca. 27 g fedtsyrer/kg TS i vinterhalvåret. Der regnes på et metan-reduktionspotentiale på op til 50 g fedtsyrer for konventionelle køer, som er foreslået af myndigheder/Aarhus Universitet. Hos økologiske malkekøer er det forudsat, at der regnes på at øge fedtsyreniveauet fra 27g til 42 g fedtsyre, hvilket svarer til den samme stigning som for konventionelle. Årsagen hertil er, at udbuddet af økologiske rapsfrø vurderes ret usikkert, og der skal således kun dyrkes/fremskaffes den halve mængde. Der er ikke additiv effekt af foderadditiver som Bovaer og fedt i foderet. Derfor regnes reduktionspotentialet udelukkende på økologiske køer, da det antages, at konventionelle køer bliver fodret med foderadditiver. Eftersom økologiske køer kun har effekt af fedt i vinterhalvåret, er reduktionspotentialet 0,009 mio. ton CO₂e/år.

⁴⁶ Giagnoni et al. 2022. Effect of rapeseed and palm kernel oil dietary inclusion levels in milk production, feed efficiency, methane and economy. Fodringsdagen 2022.

⁴⁷ Børsting et al., 2019. Race og grovfoderandel har stor betydning for malkekøernes klimapåvirkning. Fodringsdagen 2019.

⁴⁸ Maigaard et al., 2022. Effekten af 3NOP af hænger af dosis og grovfodertype. Fodringsdagen 2022.

⁴⁹ Nielsen et al., 2022. Stof X reducerer køernes metan emission uden forringelse af mælkeproduktion eller fodereffektivitet. Fodringsdagen 2022.

⁵⁰ Giagnoni et al. 2022. Effect of rapeseed and palm kernel oil dietary inclusion levels in milk production, feed efficiency, methane and economy. Fodringsdagen 2022.

5.5 Avl for malkekøer, der udnytter foder bedre til produktion af mælk og kød

Indeks for Sparet foder beskriver det genetiske potentiale for at sænke foderomkostninger – både gennem reduceret behov til vedligehold og øget stofskifteeffektivitet. I begge tilfælde, betyder højere avlsværdital et lavere foderbehov og udtrykkes som reduktion i kilogram tørstofoptagelse.

Avlsværdital for Vedligehold beskriver det genetiske potentiale for at spare foder til vedligehold. Det relaterer sig grundlæggende til den enkelte kos kropsvægt. Det er alment kendt, at tunge køer skal bruge mere foder til vedligehold end køer, der vejer mindre. Avlsværditallet for vedligehold er baseret på forskellige indikationer for koens vægt – enten eksteriormål eller vægt – i de første tre laktationer. Desuden bruges også registreringer af krydshøjde, kropsdybde og brystbredde, da de har en stærk sammenhæng med koens vægt.

Avlsværdital for Stofskifteeffektivitet beskriver det genetiske potentiale for at spare foder gennem højere effektivitet, når foderet omsættes til mælkeproduktion, vækst mm. Avlsværditallet for effektivitet er baseret på registrering af den enkelte kos foderoptagelse, samt hendes kropsvægt og ydelse. Køernes foderoptagelse er baseret på CFIT-udstyr (hardware og software), som er udviklet af VikingGenetics.

I dag er effekten af indekset for sparet foder hovedsageligt baseret på en reduktion af foderbehovet til vedligehold. Dette skyldes, at datagrundlaget bag avlsværditallet for stofskifteeffektivitet stadig er sparsomt. Avlsværditalle bruges til at udvælge næste generation af insemineringstyre.

Der er opsat CFIT-anlæg i omkring 25 besætninger, og det begrænser antallet af dyr med data. Der er igangværende forsknings- og udviklingsprojekter, med det formål at udvikle avlsværdital for metanudledning hos malkekøer og slagtekalve samt for fodereffektivitet hos slagtekalve. Disse værktøjer bliver implementeret i de kommende år.

Forudsætninger:

Der er en sammenhæng mellem mængden af optaget foder og udledningen af metan. Hvis det er muligt at reducere foderoptagelsen ved konstant mælkeproduktion, vil det indirekte medføre en reduktion i metanudledningen fra kvægsektoren. Når foderoptagelsen reduceres med 1 kg tørstof (TS), reduceres metanudledningen svarende til 532 g CO₂e.

Avl har effekt både hos økologiske og konventionelle kvægbrug.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Med det nuværende indeks for sparet foder og den nuværende vægtning i avlsmålet for malkeracerne er det muligt at reducere foderoptagelsen med omkring 11 kg TS/laktation indtil 2030. Med godt 490.000 årskøer i Danmark i 2030 betyder det, at foderoptagelsen med konstant produktionsniveau er reduceret med 5.150 ton TS/år i 2030. Det medfører en reduktion i metanudledningen på 2.700 ton CO₂e/år. Effekten er baseret på den avlsmæssige fremgang, der er opnået over en seks-årig periode.

Det skal bemærkes, at effekten er blivende og den avlsmæssige fremgang, der opnås i de følgende år, vil blive akkumuleret. Det betyder, at avl er et meget stærkt redskab på den lange bane.

Det er muligt at reducere foderforbruget til mælkeproduktion yderligere ved at få en højere sikkerhed på avlsværdital for stofskifteeffektivitet. Det vil kræve en betydelig stigning i antallet af køer med registreringer af foderoptagelse. Det kan opnås ved at opstille CFIT-anlæg i mange flere besætninger. Med højere sikkerhed på indeks for stofskifteeffektivitet ville reduktionen i foderoptagelse efter seks års avlsarbejde være 30 kg tørstof/laktation. Med godt 490.000 årskøer i Danmark ville det betyde, at foderoptagelsen med konstant produktionsniveau ville blive reduceret med 14.750 ton TS/år, hvilket svarer til en reduktion i metanudledningen på ca. 7.900 ton CO₂e/år.

Med en øget vægt på sparet foder i avlsmålet for malkeracerne (svarende til en pris på 1.125 kr./ton CO_{2e}) kan foderforbruget reduceres med 78.400 ton TS/år, hvilket svarer til en reduktion i metanudledningen på 41.700 ton CO_{2e}/år. Hvis man samtidig øger tidshorisonten fra 2030 til 2050, vil man kunne reducere foderforbruget med 340.000 ton tørstof/år i 2050, hvilket svarer til en reduktion med omkring 10 %. Herved opnår man en reduktion i metanudledningen på 180.000 ton CO_{2e}/år.

Det nuværende avlsmål for malkeracerne (NTM) har fokus på højere ydelse og mindre spild. Det betyder, at det nuværende avlsarbejde allerede bidrager til en mindre klimapåvirkning fra kvægbruget.

5.6 Opfangning og omsætning af metan i kvægstalde

Metangas er yderst vanskelig at håndtere på grund af både den kemiske sammensætning og fysiske størrelse af molekylet. Når metangassen først er fortyndet i luften, er den på nuværende tidspunkt næsten umulig at opkoncentrere igen. Luftmængden fra kvægstalde er en helt anden størrelse i forhold til grisestalde. Det bliver derfor meget omkostningstungt at rense al luft fra kvægstalde. 95-99 % af metanen, som koen udleder, sker via munden. Metanen dannes fra koen og fra gyllen, hvor det estimeres, at ca. 75 % af den samlede metanemission stammer fra koen, og de resterende ca. 25 % dannes via gyllen. Derfor er opsamling direkte over kilden bedste mulighed for at fange mest muligt metan.

En måde at opfange metan i kvægstalde er metanhuset, hvor idéen er at bygge en kasse, som koen stikker hovedet ind i. I metanhuset er der en lille luftstrøm, hvorved metanen, som koen udånder, kan opkoncentreres. Dette vil gøre det nemmere at håndtere metanen efterfølgende (f.eks. luftrensning). I første del af et projekt, som slutter i 2023, er der lavet en prototype af metanhuset i to sengebåse i hvileområdet. Koen tilbringer ca. 10-12 timer i hvile, og de første indledende undersøgelser viser, at koen gerne vil bruge metanhuset frivilligt. I projektet er der stor fokus på, at dyrevelfærd og klima skal gå hånd i hånd. Derfor er det også en meget vigtig del, at koen ikke hindres i ligge- og rejseadfærd. Næste step er at videreudvikle en løsning omkring koens hoved/metanhusets åbning, således at luften fra stalden minimeres inde i metanhuset. Herudover skal der udvikles et ventilationssystem, som sikrer, at luftfugtighed, kuldioxidniveau og svovlbrinte er under grænseværdierne samt, at koen synes, det er rart at have hovedet i metanhuset. Det er vigtigt, at dyrevelfærd og den høje produktivitet ikke forringes.

På sigt er det tanken, at metanhuset udvikles til, at koen også kan fodres i metanhuset. Hermed vil den tid, koen opholder sig i metanhuset øges, og dermed kan mere metan opsamles her. Løsningen forventes at kunne etableres i naturligt ventilerede stalde – både eksisterende og nye stalde. Der må dog forventes en tilpasset version af metanhuset til eksisterende stalde, hvor metanhuset skal tilpasses eksisterende sengebåse og eksisterende foderbord.

Når metanen er opsamlet i den mindre luftmængde i metanhuset, skal den igennem teknologiske installationer, der kan reducere metanen. Denne teknologi er endnu ikke udviklet. Det kan for eksempel være en luftrenser. Det vurderes ikke, at der kan samles så høje koncentrationer af metan, så det kan afbrændes (som f.eks. fakkelaftænding på gylletanke).

Status:

Vurderingen af metanhuset er på nuværende tidspunkt, at det er positivt, at koen vil bruge prototypen af metanhuset frivilligt, samt det ikke hæmmer koens velfærd. Der er dog behov for en større videreudvikling af metanhuset, inden det kan anses som en færdig løsning. Ambitionen er at opsamle 75% af koens metanudskillelse via metanhuset, der efterfølgende vil kunne reduceres med en given procent via ukendt teknologi. De foreløbige målinger af metankoncentrationen lå på 60-70 ppm/ko i en luftstrøm svarende til 120 m³/time/ko. I klimakamre (hvor al metan opsamles) ligger niveauet af metan på ca. 23-24 L/time. Det betyder, at omregnes de målte koncentrationer, svarer opsamlingsgraden til ca. 31-35 %. Der er derfor behov for en videreudvikling på aflukning af indgangshul i metanhuset for at minimere blanding af staldluft – og for at kunne nå op på 75 % opsamling af koens udledning af metan.

Zelp – masken, der opfanger metan

Zelp er et system, hvor koen skal gå med en form for maske, hvor metanen bliver oxideret. Ifølge producenten kan systemet reducere udledningen af enterisk metan med op til 60 %. Det, der kan være særlig interessant ved en løsning som Zelp, er, at den kan anvendes til køer på græs og måske økologiske køer. Såfremt systemet bliver dokumenteret, kan det have et stort potentiale for reduktion af metan – specielt i systemer med afgræsning.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Der sættes ikke reduktionspotentiale på, da teknologierne endnu ikke er udviklet og næppe vil kunne spille en rolle inden 2030.

6. Klimavirkemidler - Gris

6.1 Gylleforsuring i stald

Forsuring af gylle i stald med svovlsyre er som teknologi 'JH Forsuring NH₄⁺ Svinestalde' optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste⁵¹.

Forsuringen i grisestalde fungerer ved, at gyllen dagligt sluses ud i en procestank, hvor der under omrøring tilsættes svovlsyre (93-96 % koncentreret svovlsyre). Når gyllen er forsuret ned til pH 5,5 og ligger stabilt på dette niveau, pumpes hovedparten af den forsurede gylle tilbage i stalden, således der opnås en gyllestand på 20-25 cm i gyllekummerne. Den overskydende del af dagens gylleproduktion overføres til lagertanken. Stalden er opdelt i gyllekredse, således der behandles gylle fra maksimalt 1000-1500 m² gyllekumme ad gangen i procestanken. En typisk slagtegrisestald består af 4-6 gyllekredse.

Forsuring af gylle i grisestalde er godkendt til 64 % ammoniakreduktion i stalde med fulddrænet gulv. Der er i test anvendt 11-13 kg svovlsyre/ton grisegylle⁵². Tilslutter man en JH Smellfighter (tromlesi) til procesanlægget opnås 51 % lugtreduktion fra stalden⁵³. Også i disse test blev der fundet et forbrug på 11-13 kg svovlsyre/ton grisegylle. På grund af det høje svovlindhold i forsuret gylle ønsker biogasanlæg ikke – eller kun i mindre grad – at modtage staldforsuret gylle, da det hæmmer de metanproducerende mikroorganismer i anlægget.

Ammoniakreduktionen fra stald og fra lager vil bidrage med et højere ammoniumindhold i gyllen ved udbringning. Samtidig vil ammoniakfordampningen blive reduceret ved udbringning, og udnyttelsen af gyllens kvælstof øges derved, hvilket kan føre til højere udbyttepotentiale – eller nedsættelse af behovet for kunstgødning. En mindre kvælstoftilførsel til marken vil bidrage til en mindre lattergasproduktion fra markdriften.

Ved udbringning af forsuret gylle i marken stiger behovet for kalkning. Kalkbehovet vurderes at udgøre i størrelsesordenen 1,0-1,8 kg calciumkarbonat (CaCO₃)/L svovlsyre⁵⁴ (dvs. 0,55-1,0 kg CaCO₃/kg svovlsyre, eller 6,0-13 kg CaCO₃/ton staldforsuret grisegylle). Kalkningen vil bidrage med en øget CO₂-emission fra markdriften.

Det estimeres, at i 2020 blev gyllen forsuret i et omfang svarende til ca. 2,5 % af grisestaldene (stipladserne). Dette estimat er baseret på firmaet JH Agro A/S's oplysninger om antal anlæg i drift og produktionsomfang på ejendommene. Med de nye forsøringsanlæg JH Agro A/S pt. har i ordrebogen og forventningen om 8-10 nye større anlæg frem til 2030, er det forventningen, at udbredelsen er øget til 4,7 % af stipladserne i 2030.

Forudsætninger:

Der har endnu ikke været foretaget målinger af metanemissionen fra grisestalde med svovlsyreforsuret gylle. Forsøg ved Aarhus Universitet har vist, at staldforsuret grisegylle lagret i gyllebeholdere (pilot-skala) over 83 dage havde en reduceret metanemission på over 90 % i forhold til lagret kontrolgylle⁵⁵. Det er derfor forventningen, at effekten af forsuring også vil være høj på metanemission fra gyllen i stalden. Aarhus Universitet har sat et estimat til 70 % mindre metanemission fra gyllen fra både stald og lager, når gyllen staldforsures⁵⁶.

⁵¹ Miljøstyrelsens Teknologiliste, 2012. Staldindretning (mst.dk)

⁵² Riis, A.L. 2016. Effekt af JH Forsuring NH₄⁺ i slagtesvinestalde med drænet gulv. Meddelelse nr. 1078, Videncenter for Svineproduktion.

⁵³ Holm, M., Jonassen, K. 2018. JH Smellfighters effekt på lugt i to slagtesvinestalde. Meddelelse nr. 1132, SEGES Svineproduktion.

⁵⁴ Jensen, J. P. H., Krogh, P., Sørensen, S.O. Petersen. 2018. Potentielle miljøeffekter ved anvendelse af forsuret gylle på landbrugsjord. Aarhus Universitets, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Rapport nr. 257.

⁵⁵ Petersen, S.O., Højberg, O., Poulsen, M., Schwab, C., Eriksen, J. 2014. Methanogenic community changes, and emissions of methane and other gases, during storage of acidified and untreated pig slurry. J. Appl. Microbiology 117, pp.160-172.

⁵⁶ Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Anvendes emissionsfaktoren fra grisegylle på 2,39 kg CH₄/ton gylle⁵⁷ vil 'JH Forsuring NH₄⁺' til grisestalde forventeligt reducere metanemissionen fra gyllen med minimum 1,67 kg CH₄/ton gylle.

Økologiske griseproducenter må ikke anvende syntetiske syre i gyllen.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Udbredelsen af staldforsuring på 4,7 % af produktionen, svarende til 850.000 ton gylle i 2030, vil give et reduktionspotentiale på 1.420 ton CH₄ svarende til 36 kt CO₂e/år (GWP₁₀₀-værdi for metan på 25). Heraf vil den forøgede udbredelse af staldforsuring fra 2020 til 2030 på 2,2 procentenheder medføre, at 398.000 ton gylle vil blive staldforsuret, hvilket svarer til 17 kt af de 36 kt CO₂e/år.

En 70 % reduktion i metanemissionen ved staldforsuring er et konservativt estimat, og der udføres pt. staldmålinger, og der er planlagt målinger på lagerdelen. Hvis disse målinger viser en reduktion på f.eks. 80 % fra stald og lager, vil det betyde en yderligere reduktion på 5 kt CO₂e. En samlet effekt på mellem 0,17-0,22 mio. ton CO₂e/år.

En væsentlig forudsætning er den anvendte emissionsfaktor, hvor der i reduktionspotentiale er anvendt faktoren fra den nationale opgørelse⁵⁸ (2,39 kg CH₄/ton gylle). I udkast til virkemiddelkatalog⁵⁹ er anvendt en emissionsfaktor på 3,75 kg CH₄/ton gylle. Beregnes fremskrivningen til 2030 med denne højere emissionsfaktor, vil staldforsuring bidrage med et væsentlig højere reduktionspotentiale svarende til 54 kt CO₂e/år ved 70 % reduktion.

6.2 Hyppig gylleudslusning

Ved traditionel gyllehåndtering i grisestalde udsluses gylle, når gyllestanden i kummerne når en given højde, eller når stalden tømmes og bliver gjort klar til vask. Typisk udsluses gylle hver 4-6 uge. Det vil sige, at gyllen opholder sig i stalden i mange dage ved en temperatur på 18-22°C, hvilket giver gode vækstbetingelser for de metanproducerende bakterier. Princippet ved hyppig gylleudslusning er, at gyllen udsluses hyppigere, end det er nødvendigt i forhold til kapaciteten i gyllekummen. Hyppig gylleudslusning svarer til gylleudslusning minimum én gang om ugen. Derved flyttes gyllen fra de varmere staldforhold til det i gennemsnit over året køligere lager.

Hyppig gylleudslusning vil blive implementeret via regulering, idet der primo 2023 forventes et nyt lovkrav om, at gylle skal udsluses mindst én gang om ugen i alle stalde til slagtegrise samt i nye so- og smågrisestalde. Teknologier, der udsluser gyllen hyppigere end hver uge, opfylder kravene til hyppig gylleudslusning f.eks. forsørings- og linespilsanlæg.

Langt de fleste grisestalde er i dag etableret med et vacuum-rørudslusningsanlæg. I slagtegrisestaldene skal gyllepropperne således fremover løftes én gang om ugen, eller som det ofte etableres i nye stalde, via et spjæld placeret uden for sektionerne således, at gyllen fra alle kummer i sektionen udsluses samtidigt, når spjældet løftes. På nuværende tidspunkt er det ikke lovligt pga. risiko for svovlbrinte, at dette spjæld udsluser fra flere sektioner på én gang.

Hyppig gylleudslusning bliver i dag anvendt i nogle slagtegrisestalde med fulddrænet gulv som en del af miljøgodkendelsen, idet det er optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste som teknologi til at reducere lugtemissionen fra stalden med 20 %. Det vurderes dog at være et begrænset antal stalde.

⁵⁷ Nielsen, O.K. m.fl. 2022. Denmark's National inventory report 2022. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi, Rapport nr. 494.

⁵⁸ Nielsen, O.K. m.fl. 2022. Denmark's National inventory report 2022. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi, Rapport nr. 494.

⁵⁹ Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Forudsætninger:

I Aarhus Universitets udkast til virkemiddelkatalog⁶⁰ er staldens emission af metan fra gyllen teoretisk beregnet til en reduktion på 56 %, når gyllen udsluses mindst hver syvende dag. Effekten er beregnet til 56 % fra smågrisestalde og 61 % fra sostalde. Nyere forsøg har dog vist en lavere effekt svarende til hhv. 45 %⁶¹ og 50 %⁶² fra gyllen i slagtegrisestalde ved hyppig udslusning. Ud fra den teoretiske beregning og de to forsøg vil forventningen være, at der opnås en reduktion på 50 % på metanemissionen fra gyllen, når gyllen udsluses hyppigt.

I bekendtgørelsen vil der sandsynligvis blive indskrevet et mindre krav til udslusningshyppighed i fare- og smågrisestalde, hvilket vil give en mindre effekt på metanemissionen. Der blev kun opnået en metanreduktion fra gyllen på 24 %⁶³, når gyllen blev udsluset hver 14. dag. Årsagen til dette mindre krav til udslusningshyppighed er, at gylleproduktionen i disse stalde er for lille – specielt i den første halvdel af produktionsperioden – til at ugentlig udslusning vil kunne lade sig gøre i praksis.

Når den relativt friske gylle er sluset ud i forbeholder/gylletank, forventes der efterfølgende en relativ højere emission fra gylletanken, da gyllen vil indeholde en større mængde let omsættelige kulstofforbindelser. En del af staldeffekten vil altså tabes i lageret. I Aarhus Universitets udkast til virkemiddelkatalog⁶⁴ øges gylletankens emission af metan med 0,25 kg CH₄/ton gylle, når slagtegrise-gylle er hyppigt udsluset. Dog vil denne meremission blive reduceret relativt til 0,23 kg CH₄/ton gylle, da effekten i stalden kun forventes at være 50 %. Der er endnu ikke resultater fra forsøg med måling af metanemissionen fra lager med henholdsvis traditionelt udsluset gylle og hyppigt udsluset gylle.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Den forventede effekt af hyppig gylleudslusning er indregnet i Landbrugsaftalen med 170 kt CO₂e i 2030.

I beregningerne anvendes en emissionsfaktor på 2,39 kg CH₄/ton gylle fordelt med 1,65 kg fra stald og 0,74 kg fra lager.

Ud fra den forventede effekt pr. ton gylle på 50 % af 1,65 kg, dvs. 0,83 kg metanreduktion pr. ton gylle i stalden minus 0,23 kg øget metanemission fra lageret, så giver det en mindre metanemission svarende til 0,60 kg eller 15 kg CO₂e/ton gylle (GWP₁₀₀-værdi for metan på 25) ved hyppig gylleudslusning. Som nævnt vil der være en mindre effekt fra fare- og smågrisestalde, svarende til 7 kg CO₂e/ton gylle, pga. de forventede lempeligere krav til udslusningshyppighed, og det er samtidig kun i nye stalde, der indføres krav til hyppig gylleudslusning i so- og smågrisestalde.

Det samlede potentiale på grise-gylle ved hyppig gylleudslusning er ca. 220 kt CO₂e/år. Men da det kun er et krav i nye so- og smågrisestalde, vil det reelle potentiale være ca. 131 kt CO₂e/år i 2030. Det er forudsat, at der bygges 20 % nye so- og smågrisestalde frem mod 2030.

Der vil være en væsentlig synergieffekt ved at kombinere hyppig gylleudslusning med enten biogas, lagerforsuring eller fakkelafløbning. Derved reduceres metanemissionen fra lageret og dermed også den forøgede emission i lageret, se tabel 6.1.

⁶⁰ Andersen, M. A, Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

⁶¹ Jørgensen, M; Bache, J.K. & Granath, S.W.Y. (2022). Gylleudslusning ugentligt samt hver 14. dag i en slagtegrise-stald med drænet gulv. Meddelelse nr. 1253, SEGES Innovation.

⁶² Hansen, M.J., Guldborg, L.B., Feilberg, A. (2022): Frequent removal of slurry reduces methane emission from pig houses. Zero Emission Agriculture.

⁶³ Jørgensen, M; Bache, J.K. & Granath, S.W.Y. (2022). Gylleudslusning ugentligt samt hver 14. dag i en slagtegrise-stald med drænet gulv. Meddelelse nr. 1253, SEGES Innovation.

⁶⁴ Andersen, M. A, Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Tabel 6.1: Effekt af virkemidler til reduktion af metan i stalde og gødningslagre

Virkemidler ¹	Reduceret metanemission fra stald og lager ²	
	%	CO ₂ e/ton gylle
Hyppig gylleudslusning (mindst hver 7. dag)	25 %	15 kg
Hyppig gylleudslusning fare- og smågrisestalde (hver 14. dag)	12 %	7 kg
Hyppig gylleudslusning + biogas	52 %	31 kg
Hyppig gylleudslusning fare- og smågrisestalde + biogas	33 %	20 kg
Hyppig gylleudslusning + lagerforsuring	49 %	29 kg
Hyppig gylleudslusning + fakkelafløbbrænding	51 %	30 kg

¹ Emissionsfaktor - DCE: 2,39 kg CH₄/ton gylle

² Teoretisk beregnet estimat, hvor især meremission fra lager fra hyppig udsluset gylle vurderes at være usikker

Ved at kombinere hyppig gylleudslusning med en af lagerbehandlingerne (40 % biogas, 60 % på forsuring og fakkelafløbbrænding) er potentialet ca. 490 kt CO₂e. Reguleres potentialet ned i forhold til forventet 20 % i nye so- og smågrisestalde, vil det blive ca. 300 kt CO₂e. Det kræver dog, at alle behandler gyllen i lageret, hvilket gælder for leverandører til biogas (40 %), men evt. kun 80 % af de øvrige griseproducenter. Ligeledes vil der blive givet enkelte dispensationer til hyppig udslusning. Derfor bør potentialet være 90 % af 300 kt = 270 kt CO₂e inden 2030. Det vil sige hyppig gylleudslusning kombineret med biogas, lagerforsuring eller fakkelafløbbrænding hos 90 % af de producenter, der ifølge lovkravet skal foretage hyppig gylleudslusning. Yderligere skal potentialet reguleres i forhold til de stalde, der anvender staldforsuring, som blev estimeret til 4,7%, hvilket regulerer potentialet på 270 kt CO₂e til 258 kt CO₂e/år. Cirka halvdelen af effekten kommer fra biogas eller efterbehandlingen af gyllen i lageret.

Det er vurderingen, at emissionsfaktoren fra grisegylle er højere end 2,39 kg CH₄/ton gylle. Foreløbige målinger på gylletanke indikerer, at emissionsfaktoren kan være undervurderet, men der mangler endnu et tilstrækkeligt antal målinger. Men i Aarhus Universitets udkast til virkemiddelkatalog⁶⁵ hæves emissionsfaktoren fra lager med en faktor 3, mens emissionsfaktoren fra stald holdes på samme niveau. Det vil medføre, at der bør lægges væsentlig større vægt på at få implementeret teknologier til at reducere metanemissionen fra lageret.

6.3 Linespilsanlæg

Linespilsanlæg fungerer ved, at en wire trækker en skraber i gyllekanalen, så gyllen trækkes hen til en ned-sænket tværkanal, hvorfra gyllen ledes til en fortank. Skraberens slutter typisk ikke helt tæt til bunden, da ujævnheder i betonen ellers vil slide på skraberens samt belaste linespilsanlæggets skovl, hjørnehjul og wire unødigt. Linespilsanlægget kan indstilles til at køre dagligt eller med få dages mellemrum.

En del drægtighedsstalder er allerede i dag indrettet med linespilsanlæg, mens det gælder ganske få af de øvrige grisestalde. Det forventes, at mange nye farestalde med løsgående diegivende søer samt en andel af nye slagtegrisestalde vil blive opført med linespilsanlæg. En begrundelse er, at man i disse stalde ønsker et større forbrug af halmstrøelse, dels som redebygning, dels pga. produktion med hele haler. Halm kan dog give problemer med udslusning via det traditionelle rørudslusningssystem.

Lugtemissionen fra stalden forventes at blive reduceret med linespilsanlæg, når gyllen dagligt skrubes ud af stalden. Der er udført to afprøvninger på slagtegrisestalde, hvor linespilsanlæg er målt op imod rørudslusning. Her er der vist en ca. 40 % mindre lugtemission fra sektionerne med linespilsanlæg⁶⁶. I afprøvningerne blev ammoniakemissionen ligeledes målt. Her viste den ene stald en reduktion i ammoniakemission i sektionen

⁶⁵ Andersen, M. A, Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

⁶⁶ Holm, M., Grønberg, S. 2021. Afp. 1606 - Linespilsanlæg i slagtegrisestalde. Endnu ikke publicerede resultater, SEGES Svineproduktion.

med linespil, mens den anden stald viste en stigning. Formodningen er, at kanalopbygningen i stalden har betydning for emissionen. Afprøvningen gentages derfor, med det formål, at linespilsanlæg kan blive optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste med effekt på lugt og evt. ammoniak.

Forudsætninger:

I de to afprøvninger med linespilsanlæg i slagtegrisestalde⁶⁷ blev metanemissionen ligeledes målt. Metanemissionen måles fra staldsektionerne og består derfor af den enteriske metan og metanproduktionen i gyllen. Den enteriske metan fratrækkes derfor ud fra en teoretisk beregning, hvor en lille andel af foderets bruttoenergi omsættes til metan i grisenes tyktarm. Derefter udregnes gyllens metanemission, og ud fra dette blev metanreduktionen ved linespilsanlæg beregnet til i gennemsnit ca. 90 % i ovennævnte to afprøvninger. Ligeledes er der i tre drægtighedsstalde med linespilsanlæg målt 90 % mindre metanemission fra gyllen i forhold til tre drægtighedsstalde, hvor gyllen blev udsluset via rørudslusningsanlæg⁶⁸. Aarhus Universitet har leveret et rådgivningsnotat⁶⁹, hvor de modelberegner effekten af linespil sammenlignet med standard rørudslusning. Her finder de mindre metanemission fra gyllen på 85-91 %. Forventningen vil derfor være, at der opnås 90 % mindre metanemission fra gyllen, når der anvendes linespilsanlæg.

Når den friske gylle er sluset ud i fortanken/gylletanken, forventes der efterfølgende en relativ højere emission fra gylletanken, da gyllen vil indeholde en større mængde let omsættelige kulstofforbindelser. En del af stald-effekten vil altså tabes i lageret. I Aarhus Universitets rådgivningsnotat⁷⁰ beregnes en øget metanemission fra lageret på 0,5-0,6 kg CH₄/ton gylle. Der er endnu ikke foretaget målinger på denne meremission mhp. kvantificering.

Både økologiske og konventionelle griseproducenter kan i princippet anvende linespil.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

I beregningerne anvendes en emissionsfaktor på 2,39 kg CH₄/ton gylle fordelt med 1,65 kg fra stald og 0,74 kg fra lager.

Ud fra den forventede reduktion i metanemissionen pr. ton gylle i stalden på 90 % af 1,65 kg giver det en reduktion i metanemissionen på 1,49 kg fra stalden. Denne værdi skal fratrækkes 0,55 kg ekstra metanemission fra lageret. I alt giver det en mindre metanemission på 0,94 kg svarende til 24 kg CO₂e/ton gylle (GWP₁₀₀-værdi for metan på 25).

Antal løbe-/drægtighedsstalde med linespilsanlæg er ikke kendt, men det antages, at ca. 50 % af stipladserne i dag er med linespil i de stalde, hvor søerne er løsgående (62 % af stipladserne, hvilket er undtaget dybstrøelsesstier). I fremtidige løbe-/drægtighedsstalde forventes størstedelen at blive etableret med linespil, da det er usikkert, om rørudslusning i løbe-/drægtighedsstalde kan fungere ved ugentlig udslusning, som forventes at blive lovkravet i dette staldafsnit. I 2030 forventes derfor, at ca. 2,0 mio. ton gylle/år udmuges med linespil fra løbe-/drægtighedsstalde (47 % af stipladserne). Derved vil linespilsanlæg forventeligt reducere metanemissionen fra løbe-/drægtighedsstalde med 48 kt CO₂e.

Den nuværende udbredelse af linespilsanlæg i fare- og slagtegrisestalde er meget lille. Forventningen er, at 80 % af nye farestalde til løsgående søer og 50 % af nye slagtegrisestalde vil blive etableret med linespilsanlæg. Derved vil der forventeligt blive etableret 32.000 farestier og 300.000 stipladser til slagtegrise med

⁶⁷ Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

⁶⁸ Holm, M., Sørensen, K.B. 2019. Ammoniak- og metanemission fra drægtighedsstalde. Erfaring nr. 1910, SEGES Svineproduktion.

⁶⁹ Dalby, F. R., Kai, P., Adamsen, A. P. 2022. Fastsættelse af klimaeffekt for daglig udslusning for slagtesvin og søer, hvor der muges ud med linespil. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.

⁷⁰ Dalby, F. R., Kai, P., Adamsen, A. P. 2022. Fastsættelse af klimaeffekt for daglig udslusning for slagtesvin og søer, hvor der muges ud med linespil. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.

linespilsanlæg inden 2030 svarende til henholdsvis 225.000 og 650.000 ton gylle, hvilket vil reducere metanemissionen med 21 kt CO₂e/år.

Effekt af løbedrægtighedsstalde 0,048 mio. ton CO₂e og 0,021 mio. ton CO₂e giver en samlet effekt på ca. 0,069 mio. ton CO₂e/år.

Der vil være en væsentlig synergieffekt ved at kombinere linespilsanlæg med enten biogas, lagerforsuring eller fakkelaftbrænding. Derved reduceres lagerets emission og dermed også den forøgede emission i lageret pga. det større indhold af kulstofforbindelser i den dagligt udslusede gylle, se tabel 6.2.

Tabel 6.2: Effekt af virkemidler i kombination til reduktion af metan i stalde og gødningslagre

Virkemidler ¹	Reduceret metanemission fra stald og lager ²	
	%	CO ₂ e/ton gylle
Linespil (daglig udtræk af gylle)	40 %	24 kg
Linespil + biogas	79 %	47 kg
Linespil + lagerforsuring	72 %	43 kg
Linespil + fakkelaftbrænding	74 %	44 kg

¹ Emissionsfaktor - DCE: 2,39 kg CH₄/ton gylle

² Teoretisk beregnet estimat, hvor især meremissionen fra lager fra dagligt udsluset gylle vurderes at være usikker

Ud fra tabel 6.2 ses, at hvis linespil kombineres med enten biogas, lagerforsuring eller fakkelaftbrænding, vil der potentielt opnås en reduktion på 126-138 kt CO₂e. I beregningen er forudsat at 2,93 mio. tons gylle eller ca. 16 % af gyllen udsluses med linespil i 2030. Denne gyllemængde skal fratrækkes i gyllemængden og beregningen for hyppig gylleudslusning.

6.4 Gyllekøling

Gyllekøling er en teknologi, der oprindeligt er udviklet til at bidrage med varme til stalddrum, beboelse samt andre bygninger på ejendommen. Det er en billig energikilde, hvor opsamlet varme i køleslanger i gyllekummers betonbund overføres til centralvarmeanlæg via en varmepumpe. 1 kWh el konverteres derved til 3,5-4 kWh varme. Samtidig sænkes staldgyllens temperatur, hvilket medfører, at fordampningen af ammoniak og dannelsen af lugtstoffer fra gyllen reduceres. Gyllekøling er derfor en godkendt teknologi på Miljøstyrelsens Teknologiliste til reduktion af ammoniak og lugt⁷¹.

Gyllekøling bliver anvendt i mange grisestalde i forbindelse med miljøgodkendelser til udvidelse eller nybyggeri. Reduktionseffekten afhænger af kølingsgraden i gyllekummen (W/m²). I forbindelse med miljøgodkendelser vil al den genererede varme ikke kunne anvendes på ejendommen, og det er derfor nødvendigt at afsætte varmen via en udendørs køler (kalorifere). Dette er specielt i sommerhalvåret og på ejendomme med slagtegrise, hvor der er et lille varmebehov. Sostalde har et noget højere varmebehov til fare- og smågrisestalde.

Klimadan A/S er den største leverandør af gyllekølingsanlæg. De har i alt installeret mere end 1.000 gyllekølingsanlæg, om end nogle af disse er installeret i små stalde/få sektioner, som mest er til egen varmeforsyning, og som sandsynligvis ikke indgår i en miljøgodkendelse. Deres vurdering er, at der siden 2014 er installeret gyllekølingsanlæg i næsten alle nye sostalde inkl. smågrisestalde, mens der kun er installeret i ca. 50 % af slagtegrisestaldene.

Firmaet Conterra har foretaget en analyse for Miljøministeriet⁷². Her gennemgik man 379 miljøgodkendelser, hvor der var ansøgt om gyllekøling, hvilket udgjorde:

⁷¹ Miljøstyrelsens Teknologiliste. Staldindretning (mst.dk)

⁷² Nehmdal, H. 2022. Dokumentation af udbredelse- og aktivitetsdata af gyllekøling i Danmark. ConTerra rapport til Miljøministeriet.

- 10,2% af søerne = ca. 100.000 søer.
- 5,1% af smågrisepladserne = ca. 260.000 smågrisepladser.
- 4,4% af slagtegrisepladserne = ca. 210.000 stipladser.

Den gennemsnitlige køling blev fastsat til 16,8 W/m².

Forudsætninger:

Nedkøling af staldens gylle vil reducere dannelsen af metan⁷³. Der er endvidere i en undersøgelse fundet, at konstant køling med 26 W/m² medførte 4,5°C lavere temperatur i gyllen umiddelbart over betonbunden og 2,4°C i gyllen 10 cm over bunden i forhold til gylletemperaturen i en sektion uden gyllekøling⁷⁴. Gylledybden var i gennemsnit 19-20 cm. Ud fra dette kan udledes et temperaturfald midt i gyllen på 1°C pr. 10 W/m². Ud fra dette og formlen i DCE-rapport nr. 197 vil gyllekøling med 16,8 W/m² reducere metanemissionen fra gyllen med 16-17 %⁷⁵.

I et forsøg gennemført af SEGES Innovation blev vekselvirkningen imellem gyllekøling og punktudsugning undersøgt. Her blev der kølet med 20 W/m² i det ene staldrum og ingen køling i det andet. Her var der 23 % mindre metanemission fra gyllen i stalden med køling. Resultatet var dog ikke signifikant (P=0,1).

Forventningen er derfor, at metanemissionen fra gyllen reduceres med 1 % pr. W/m² der køles.

Når den friske gylle er sluset ud i forbeholder/gylletank, forventes der efterfølgende en relativ højere metanemission fra gylletanken, da gyllen vil indeholde en større mængde let omsættelige kulstofforbindelser. En del af staldeffekten vil altså tabes i lageret. I Aarhus Universitets udkast til virkemiddelkatalog⁷⁶ vurderes lagerets metanemission at stige med ca. 30 % af den reducerede emission fra stalden.

Både konventionelle og økologiske griseproducenter kan i princippet anvende gyllekøling, såfremt staldsystemerne giver mulighed for det.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

I beregningerne anvendes en emissionsfaktor på 2,39 kg CH₄/ton gylle, fordelt på 1,65 kg fra stalden og 0,74 kg fra lageret. Ud fra den forventede effekt pr. ton gylle i stalden ved køling med 16,8 W/m² svarer det til 16,8 % af 1,65 kg. Det svarer til en reduktion i metanemissionen på 0,28 kg fra stalden minus 0,08 kg øget metanemission fra lageret. Det giver 0,20 kg mindre metanemission svarende til 5 kg CO₂e/ton gylle (GWP₁₀₀-værdi for metan på 25).

Forventningen er, at de fremtidige stalde etableres med højere kølingseffekt i so- og smågrisestalde og lavere kølingseffekt i slagtegrisestalde. Fremskrivningen baseres på en udskiftning af 20 % af stipladserne inden 2030. Herved forventes gyllekøling etableret i 30 % af sopladerne, 25 % af smågrisepladserne samt 15 % af slagtegrisepladserne i 2030, hvilket vil udgøre 4,0 mio. ton gylle. Derved vil gyllekøling bidrage med lavere metanemission svarende til 20 kt CO₂e. Dog vil der i mange af staldene samtidig blive foretaget hyppig gylleudslusning, hvilket forventeligt vil reducere metanemissionen fra stalden yderligere. Der vil potentielt kunne opnås en synergieffekt imellem gyllekøling og hyppig gylleudslusning, da køleeffekten er større tæt ved betonbunden. Effekten undersøges i et forsøg, hvor der gyllekøles i en stald med hhv. traditionel udslusning i én sektion og hyppig udslusning i én anden sektion. Gyllekøling vil ikke have nævneværdig effekt på

⁷³ Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Gyldenkærne, S. 2016. Biogasproduktions konsekvenser for drivhusgasudledning i landbruget. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Rapport nr. 197.

⁷⁴ Holm, M., Sørensen, K.B., Nielsen, M.B.F. 2017. Ammoniak- og lugtreduktion ved gyllekøling i slagtesvinestalde. Meddelelse nr. 1105, Videncenter for Svineproduktion.

⁷⁵ Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Gyldenkærne, S. 2016. Biogasproduktions konsekvenser for drivhusgasudledning i landbruget. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Rapport nr. 197.

⁷⁶ Andersen, M. A, Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

metanemissionen i stalde med linespilsanlæg, da metanemissionen fra gyllen i forvejen er meget lav, når der anvendes linespil og vil kun sjældent blive anvendt i kombination med gylleforsuring. Derved vil den forventede effekt af gyllekøling være 14 kt CO₂e

Der vil også være en synergieffekt ved at kombinere gyllekøling med enten biogas, lagerforsuring eller fakkelafrænding. Derved reduceres lagerets metanemission og dermed også den forøgede metanemission i lageret pga. det større indhold af kulstofforbindelser i den gyllekølede gylle, se tabel 6.3.

Tabel 6.3: Effekt af kombineret af virkemidler til reduktion af metanemissionen i grisestalde og gødningslagre

Virkemidler ¹	Reduceret metanemission fra stald og lager ²	
	%	CO ₂ e/ton gylle
Gyllekøling (16,8 W/m ²)	8 %	5 kg
Gyllekøling + biogas	29 %	18 kg
Gyllekøling + lagerforsuring	29 %	17 kg
Gyllekøling + fakkelafrænding	30 %	18 kg

¹ Emissionsfaktor - DCE: 2,39 kg CH₄/ton gylle

² Teoretisk beregnet estimat, hvor især meremissionen fra lager fra afkølet gylle vurderes at være usikker

Ud fra tabel 6.3 ses, at hvis gyllekøling kombineres med enten biogas, lagerforsuring eller fakkelafrænding.

6.5 Klimaoptimeret foder og udvikling i produktivitet

I de fleste tilfælde ses på klimaoptimeret foder i relation til reduceret klimabelastning pr. kg produkt – og her er valg af fodermidler og blandingens sammensætning en vigtig parameter. Men i forbindelse med det territoriale klimaaftryk indregnes effekten af de enkelte fodermidlers klimaaftryk "ind til krybben ikke" – denne effekt indgår i virkemidlerne brugt i planteavl, som udtagning af lavbundslande og nitrifikationshæmmere mm. Import af fodermidler med højt klimaaftryk er uden betydning i det territoriale klimaaftryk, hvorfor ændring af foderblandingers klimaaftryk "ind til krybben" ikke kan indregnes som et virkemiddel.

I relation til det territoriale klimaaftryk er det foderets effekt på metanproduktionen i grisen (enterisk metan) og i gyllen, som kan medregnes herunder fodersammensætningens effekt på gødningens indhold af kvælstof, især ammonium.

Foderets effekt på metanproduktion

Foderet kan have en effekt på den enteriske metanproduktion, som kommer fra den del af foderet, som fermenteres i grisenes tyktarm. Et fodermiddel som roepiller, har den egenskab, at grisenes egne enzymer kun kan nedbryde en lille del af kulhydraterne, men disse er til gengæld letnedbrydelige for mikroorganismene i tyktarmen. Det er i flere forsøg påvist, at anvendelse af roepiller øger den enteriske metanproduktion betydeligt. Generelt gælder det, at den enteriske metanproduktion følger foderets indhold af fermenterbare kulhydrater, dvs. den andel af de fordøjede kulhydrater, som fermenteres af mikroflora i blind- og tyktarm.

Generelt er der stor usikkerhed om, hvor meget enterisk metan, der produceres, i forbindelse med det foder grisene typisk tildeles. I det følgende ses på, hvor meget det vil kunne reduceres, og det skal selvfølgelig sættes i forhold til usikkerheden i det grundlag, der er brugt som udgangspunkt. Der vil formentlig komme bedre bud i nær fremtid, som kan estimere udgangspunktet ved en typisk foderblanding bedre.

Foderet har også en effekt på metanproduktionen i gyllen. Her er det foderets indhold af ufordøjeligt, organisk stof, som bestemmer metanpotentialet (og biogaspotentialet). Hvorvidt, det er en fordel eller en ulempe afhænger af, om gyllen fjernes hurtigt og køres til biogas – eller om gyllens indhold af ufordøjeligt tørstof omsættes i gyllekanaler og -tanke. Overordnet set vil mindre organisk stof i gyllen mindske klimaaftrykket – medmindre det betyder, at blot en lille andel køres til biogas, fordi biogaspotentialet bliver for begrænset.

Det er muligt at lave fodersammensætninger, som har effekt på såvel enterisk metanproduktion, som på metanpotentialiet i gyllen. I praksis er langt hovedparten af grisefoderet sammensat af byg, hvede, rug, soja- og solsikkekrå, og det er ikke realistisk at lave foderændringer, som mindsker den enteriske metanproduktion eller gyllens indhold af organisk tørstof, da det normale foder allerede medfører en lav emission af metan.

Desuden vil eventuelle tiltag til at mindske foderets klimaaftryk i produktregnskabet (LCA-tilgang) medføre øget brug af hestebønner og rapsprodukter, som faktisk risikerer marginalt at øge den enteriske metanproduktion og nok især øge gyllens metanpotentiale. Øget brug af hestebønner og rapsprodukter vil sænke foderets fordøjelighed og øge gødningens indhold af organisk stof.

Overordnet set er foderets sammensætning derfor ikke en realistisk metode til at sænke metan fra griseproduktionen. Det vil ikke være muligt at opstille en målsætning uden at komme i alvorlig konflikt med ønsket om at minimere klimaaftrykket pr. kg grisekød i LCA-tilgangen.

Fodereffektivitet

Fodereffektiviteten i form af foderforbrug pr. kg tilvækst har betydning for såvel den enteriske metanproduktion og for metanpotentialiet fra gyllen. Det antages, at metanproduktionen er ligefrem proportional med foderforbruget, og at en forbedring af foderudnyttelsen på 10 % også vil medføre ca. 10 % lavere enterisk metanproduktion og ligeså 10 % mindre metanpotentiale i gyllen. I forbindelse med normtal for husdyrgødning er det besluttet at bruge fremskrivning af produktionseffektivitet ud fra de sidste 10 år til at forudsige næste års fodereffektivitet – denne lineære sammenhæng må også formodes at være bedste bud på fodereffektiviteten i 2030.

Tabel 6.4. Foderforbruget for vækstgrise i hhv. 2020 vs. 2030

	2020	2030
Smågrise, FEsv/kg tilvækst	1,83	1,70
Slagtegrise, FEsv/kg tilvækst	2,69	2,43

Det forventes, at smågrisene over tid kan nå denne udvikling, da det svarer til resultaterne hos de 25 % bedste producenter i dag, og da grise i forsøg ved SEGES Innovation faktisk normalt har et endnu lavere foderforbrug. I 2021 havde de 25 % bedste slagtegriseproducenter en foderudnyttelse på 2,53 FEsv/kg tilvækst i intervallet 30-115 kg, og dette svarer til det opnåede niveau i de seneste forsøg med slagtegrise i 2022.

I det følgende antages 1,70 og 2,55 FEsv/kg tilvækst for små- og slagtegrise i 2030, og at søerne har et uændret foderforbrug på 1.515 FEso/årsso, selv om grise pr. årsso stiger moderat. Det svarer til 7 % lavere foderforbrug til smågrise og 6 % lavere foderforbrug til slagtegrise. For søer antages, at der fravænes 36,8 grise/årsso ligesom de 25 % bedste i 2021.

Foderets effekt på gyllens indhold af ammonium

Reduktion af foderets proteinindhold ved øget brug af frie aminosyrer er indført i alle grisefoderblandinger undtagen i økologiske blandinger, hvor der ikke må anvendes frie aminosyrer. Denne foderændring har reduceret indholdet af ammonium i gyllen markant. Spørgsmålet er i denne forbindelse, hvor meget længere det er muligt at komme inden 2030.

Reduceret indhold af ammonium i gyllen virker fordi:

1. Reduceret indhold af ammonium giver en lavere ammoniakfordampning fra stalden og fra udbringningen samt en mindre del fra lager. Det betyder mindre ammoniaknedfald på marker og naturområder, hvoraf en lille del kan omdannes til lattergas.
2. Reduceret indhold af ammonium i gyllen betyder, at kvælstof fra gylle erstattes af handelsgødning, som i gennemsnit har et lavere potentiale for dannelse af lattergas, da en del af kvælstoffet ikke er ammonium. Effekten af reduceret indhold i gyllen vil dog afhænge af, om der bruges nitrifikationshæmmere i husdyrgødningen – og om det samme er tilfældet for handelsgødning med indhold af ammonium.

Reduceret indhold af protein i foderet og dermed reduceret indhold af ammonium i gødningen er et virkemiddel, som virker både på det territoriale klimaaftryk og i LCA-modellen, da proteinfodermidler generelt har et højere klimaaftryk end korn i LCA-tilgangen.

Reduceret indhold af protein er derfor et relevant tiltag, men det er svært at estimere potentialet for yderligere reduktion i foderets indhold, når der samtidig er genetiske fremskridt i foderudnyttelse, som kræver et højere indhold af protein i foderet, medmindre aminosyreindholdet kan opjusteres ved samme proteinniveau.

Denne problematik er forsøgt løst med den frivillige aftale for ammoniakreduktion fra slagtegrise fra 2020, hvor ambitionen er en reduktion på 8 % i gyllens indhold af ammonium pr. kg tilvækst, som er målet indtil 2024, da det forventes at give en tilsvarende reduktion i ammoniakfordampningen pr. kg tilvækst. I denne aftale forventes effekten på ammoniakfordampningen at opnås ved at undgå at hæve proteinindholdet i takt med den forbedrede foderudnyttelse, hvorved ammoniakfordampningen pr. kg tilvækst kan reduceres 8 % i forhold til 2019.

Det vurderes, at det er vanskeligt at komme længere end ca. 10 % reduktion i ammoniakfordampningen uden økonomiske tab. Til gengæld er det sandsynligt, at der kan opnås samme fremskridt for smågrise og søer, hvorved det vil være realistisk, at lattergasbidraget (via ammoniak fra grisegødning) vil blive reduceret 10 %/kg produceret grisekød i 2030 sammenlignet med i 2020. Disse 10 % fra foderet kommer før andre teknologiske virkemidler som luftrensning, forsuring eller anvendelse af nitrifikationshæmmere. Der bliver med andre ord pga. reduceret proteinforbrug, ca. 10 % mindre lattergas ud fra ammoniak, men betydningen kvantitativt afhænger af anvendelse af øvrig miljøteknik. Man kan sige, at potentialet i andre tiltag også reduceres 10 %, når der er 10 % mindre at virke på. Forudsætninger for at reducere ammoniakbidraget med 10 % er vist i næste afsnit.

Forudsætninger:

Det giver ikke mening at adskille effekt af fodersammensætning fra effekt af udvikling i produktivitet, da der er et tæt sammenspil mellem ændringer i foderforbrug og tilpasning af foderet til den nye effektivitet.

I de følgende beregninger antages, at der produceres uændret antal slagte- og smågrise fra 2020 til 2030, men at foderforbruget forbedres, og at protein/foderforbrugskombinationen sikrer, at der produceres 10 % mindre ammoniak i gyllen, og at en 6-7 % reduktion i foderforbruget giver en tilsvarende reduktion i den enteriske metanproduktion og i metanpotentialet i grisegyllen.

Tabel 6.5: Forudsætninger omkring produktivitet

År	2020	2030
Antal årssøer	1.000.000	910.500
Fravænnede grise pr. årssø	33,9	36,8
Grise á 31 kg pr. årssø	32,5	35,7
Smågrise á 31 kg, i alt	32.500.000	32.500.000
Eksport smågrise á 31 kg	15.000.000	15.000.000
Eksport af polte, 118 kg*	500.000	500.000
Producerede slagtegrise og polte til 118 kg i DK (heraf DK-polte)	17.000.000 (0,6 mio.) *	17.000.000 (0,6 mio.)
Grise á 118 kg i alt	17.500.000.	17.500.000
FEsv pr. årssø	1515	1515
FEsv pr. kg tilvækst, smågrise 31 kg	1,83	1,70
FEsv pr. kg tilvækst. Slagtegrise og polte (gns vægt 118 kg)	2,71	2,55
FEso i alt	1.515 mio. FEso	1.379 mio. FEso
FEsv smågrise i alt	1.445 mio. FEsv	1.342 mio. FEsv
FEsv slagtegrise i alt	3.984 mio. FEsv	3.749 mio. FEsv
FEsv i alt	6944	6470
FEsv relativ	100	93,2

*Vægten på eksporterede polte er sandsynligvis mindre – men i forhold til usikkerheder og forenkling af beregninger bruges samme vægt som for slagtegrise.

Med forudsætningerne i tabel 6.5, hvor produktiviteten i 2030 svarer til de 25 % mest effektive i 2021, vil antallet af søer reduceres med ca. 9 %, og der kan stadigvæk produceres samme antal smågrise á 31 kg og samme antal slagtegrise á 118 kg. Samlet set reduceres foderforbruget til samme griseproduktion med 6,8%, og ved nogenlunde uændret fodersammensætning vil foderets fordøjelighed – og andel der fermenteres i tyktarm – som bedste bud være uændret. Det må derfor antages, at den enteriske metanproduktion vil falde 6,8 %, ligesom potentialet for metantab fra gylle i stald og lager også vil falde 6,8 %. Da alle tal er usikre, rundes dette bud op til 7 %.

Metanemissionen fra stalde og lager vil dog falde betydeligt mere pga. tiltag som hyppig gylleudslusning og biogas samt andre teknikker til reduktion af metanemissionen, hvilket bliver behandlet i andre afsnit.

Det vurderes altså muligt at reducere ammoniaktabet pr. kg tilvækst for små- og slagtegrise med ca. 10 %. Der vil være mindst samme reduktion for soholdet, da antallet af søer er forudsat at falde med 9 %, og der forventes et fald i det gennemsnitlige proteinindhold i sofoderet, fordi proteinindholdet sænkes lidt i drægtighedsperioden.

I tabel 6.6 er vist en sandsynlig kombination af foderforbrug og proteinindhold, som vil sænke Urin-N og dermed ammoniumindholdet i gylle fra små- og slagtegrise med 10 %.

Tabel 6.6: Beregning af TAN-N (total ammoniakalsk N) pr. kg tilvækst i 2020 og 2030 for små- og slagtegrise. TAN-N pr. kg tilvækst er ligefrem proportionalt med ammoniakfordampningen fra stald og lager og sandsynligvis også fra ammoniaktab ved udbringning

	Smågrise		Slagtegrise	
	2020 ¹	2030	2020 ¹	2030
Råprotein, g/FEsv	164,2	171,2	146,5	148,5
Foderforbrug, FEsv/kg tilvækst	1,83	1,70	2,71	2,55
N i foder, g/kg tilvækst ²	48,1	46,6	63,5	60,6
Fækal fordøjelighed	84	84,5	81,0	81,2
Fordøjet N, g/kg tilvækst	40,4	39,4	51,5	49,2
Aflejret grise N, g/kg tilvækst	30,4	30,4	29,60	29,6
TAN-N (Urin-N), g/kg tilvækst	10,0	8,95	21,85	19,60
% af 2020		89,5		89,7

¹ Fra 2021/22 normal for husdyrgødning, som bruger foderets proteinindhold i 2020.

² Råprotein, g/kg FEsv /6,25 × FEsv pr/kg tilvækst.

Tabel 6.7: Bud på Urin-N = ammonium N pr. årssso i 2020 og 2030

	Pr. årssso	
	2020*	2030
Råprotein, g/FEsv	131,8	128*
Foderforbrug, FEso/årssso	1515	1515
Grise pr. årssso á 6,7 kg	33,9	36,8
N i foder, kg/årssso*	31,95	31,03
Fækal fordøjelighed	80	79,8
Fordøjet N, kg/årssso	25,56	24,76
Aflejret grise N, g/kg gris	25,7	
Aflejret N i soens tilvækst	1,98	1,98
Aflejret i so og grise	7,82	8,32
TAN-N (Urin-N), kg/årssso	17,74	16,44
% af 2020		92,7

*Opnåeligt ved simpelt to-fasefodring og gældende normer, jf. notat nr. 2003 fra 2020

Det skønnes således, at antallet af søer falder 9 %, og at Urin-N-produktionen fra en årssso falder ca. 7 %. Den samlede effekt er 15 % mindre ammonium-N i gyllen fra søerne i Danmark. Der vil næppe være behov for opjustering af proteinnormer til diegivende søer, men det kan ikke helt udelukkes. Det er også muligt, at igangværende forsøg vil vise, at drægtige søer kan nøjes med lidt mindre protein end de nuværende normer.

Der er dog usikkerhed ved alle tre dyregrupper, og det anbefales at regne med, at ammonium-N i svinegylle vil falde ca. 10 %, hvis der produceres samme antal grise af samme vægt fra ca. 9 % færre søer i 2030.

Effekten af foder og produktivitet på ammoniakfordampning og ammoniak i husdyrgødning i relation til lattergas er meget afhængig af den anvendte teknologi til reduktion af ammoniakfordampning fra stald, lager og udbringning samt af anvendelsen af nitrifikationshæmmere i den udbragte grisegylle.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Der kan gives et skøn og et overslag over metanproduktion i 2020 og i 2030 ud fra foderforbruget og antagelser omkring, hvor stor en andel af tørstof, som kan omsættes til metan, dels i form af enterisk metan og dels i form af metanpotentiale fra gylle uden metanreducerende teknik. Andre afsnit behandler teknologier til mindre metanemission fra gylle i stald og lager.

Enterisk metan fra griseproduktionen

I Landbrugsaftalen antages således, at 0,6% af bruttoenergien bliver til enterisk metan, og sandsynligvis sådan, at bruttoenergiindholdet i metan udgør 0,6% af bruttoenergiindholdet i foderet. Foderets bruttoenergiindhold er ikke et oplyst tal for grisefoder, men det kan skønnes til ca. 18,5 MJ/kg TS.

Tabel 6.8: Den samlede mængde beregnet bruttoenergi i foderet fra danske grise

	2020	2030
Søer, mio. MJ	23.331	21.237
Smågrise, mio. MJ	21.386	19.862
Slagtegrise, mio. MJ	61.353	57.735
I alt i foderet, mio. MJ	106.070	98.834

Med udgangspunkt i forudsætningerne fra aftalen, det vil sige, at 0,6% af bruttoenergi ender som metan, og metan indeholder 55,65 MJ/kg, kan produktionen af enterisk metan i mio. kg i alt beregnes til 0,286 mio. ton CO₂e i 2020 og 0,266 mio. ton CO₂e i 2030. Det betyder, at den forventede udvikling i produktivitet og griseproduktion vil medføre en reduktion på 0,02 mio. ton CO₂e/år fra enterisk metan fra grise.

Disse tal skal ses i sammenhæng med, at der samlet set er beregnet en emission på 4,12 mio. ton CO₂e fra enterisk metan i 2020 – og denne beregning viser således, at grisenes andel heraf er ca. 7%.

Da foreløbige estimater tyder på, at de 0,6% bruttoenergi, som enterisk metan er overvurderet, er det måske mere sandsynligt, at enterisk metan fra grisesektoren udgør ca. 5% af den samlede enteriske metanproduktion, og drøvtyggede står så for tæt på 95% af den enteriske metanproduktion. Reduktion på 7% fra grisesektoren indtil 2030 er på det nationale plan ca. 5-7%, hvilket svarer til 0,35-0,49% reduktion af den samlede enteriske metanproduktion på grund af mindre foder til grisesektoren.

Metanpotentiale fra gylle

I den nationale opgørelse beregnes emissionspotentialet ud fra ton gylle, nemlig som 2,39 kg CH₄ fordelt på 1,65 fra stald og 0,74 kg fra lager. I nyere tal anslås lageremissionen væsentlig højere, ca. 2,12 kg CH₄/ton gylle.

I den følgende beregning antages det, at metanpotentialet kan beregnes ud fra ton gylle i normtal for husdyrgødning gange et gennemsnitligt emissionspotentiale for ubehandlet gylle. Det er uklart, hvilke mængder af gylle fra smågrise, søer og slagtegrise, der er brugt i den nationale beregning. I normtal for husdyrgødning er der indledende en beregning af tørstof i fæces og urin med faste fordøjeligheder for tørstof (81 % søer, 85 % smågrise og 83 % for slagtegrise), en bestemt urinproduktion pr. kg tørstof (2,5 L for søer og 2 L for smågrise og slagtegrise). Herved kan der beregnes en tørstofmængde i fæces og urin⁷⁷.

⁷⁷ Normtal for husdyrgødning. 2021. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Rapport nr. 191

Herefter tillægges evt. tørstof fra halm i systemer med strøelse, og der antages som standard et tab af tørstof på 10 % i stalden og 5 % i lageret. Herved fås den mængde tørstof, der skal gøres rede for - og gyllemængden beregnes i nogle tilfælde "baglæns" ud fra en vedtaget tørstofprocent som $(\text{kg tørstof i gødning} + \text{urin}) / \text{vedtaget tørstofprocent i gylle}$. I andre tilfælde regnes der "forlæns" ud fra tørstof i fæces, urin og strøelse.

Generelt er der betydelig usikkerhed i forhold til om gyllemængderne passer, da fortyndingen er meget varierende mellem besætninger. Det kan være svært at kontrollere indholdet af tørstof pga. tab af ammoniak og organiske syrer under tørstofbestemmelsen. Overordnet gælder, at normtal er ret præcise på kvælstof og fosfor, mens tørstof er meget mere usikkert, fordi den ikke har reguleringsmæssig betydning.

Den samlede gylleproduktion fra griseproduktionen i 2020 beregnes til: søer: 1,0 mio. søer = 6,4 mio. ton, slagtegrise 17,5 millioner = 9,6 mio. ton og smågrise 32,5 millioner = 4,3 mio. ton. I alt er det 20,3 mio. ton svarende til 48,5 mio. kg CH₄ fra ubehandlet gylle opbevaret i stald og lager uden teknologi. Dette svarer til 1,213 mio. ton CO_{2e}.

Ovenstående gyllemængder er beregnet ud fra gyllemængder ab lager i normtal 2020/21. Hvis man i stedet beregner gyllemængde ab dyr ud fra input i tabel 6.5 og 6.6, vil gyllemængderne reduceres, især for søer. Betydningen heraf er dog lille i forhold til usikkerheden på, såvel udviklingen i produktivitet, som metanpotentialet fra grisegylle. Derfor bruges de publicerede normtalsmængder for gylle ab lager i denne beregning.

7 % mindre tørstof i gødningen vil i 2030 medføre 7 % fald i dette potentiale, hvilket betyder, at gylle fra grise har et potentiale til 1,128 mio. ton CO_{2e} fra metantab ved ubehandlet gylle. Reduktionen vil derfor være på 0,085 mio. ton CO_{2e}/år fra mindre metan-potentiale fra grisegylle pga. lavere foderforbrug.

Effekten fra øget produktivitet på 0,02 ton CO_{2e} og mindre metan fra grisegylle på 0,085 mio. ton CO_{2e} giver en samlet effekt på 0,105 mio. ton CO_{2e}/år.

7. Lagerbehandling – Kvæg og Gris

7.1 Biogas

Gylle og dybstrøelse indeholder organisk materiale, der i stalden og på lageret omdannes til metan. Ved at få gylle og dybstrøelse i et biogasanlæg bliver metan i stedet nyttiggjort som brændsel samtidig med, at metanemissionen fra lageret til atmosfæren reduceres.

Klimaeffekten ved at reducere metanemission fra stald og lager tilfalder landbrugssektoren, mens klimagevinsten for den fossile energi, som biogassen fortrænger, tilfalder energisektoren.

Forudsætninger:

Afgasning af husdyrgødning er et af de mest effektive og billigste klimavirkemidler, man har som husdyrproducent.

Klimagevinsten kommer fra, at biogasanlæggene omsætter det organiske indhold i gyllen til biogas, og landmanden modtager dermed en afgasset biomasse med et lavere metan-emissionspotentiale end ubehandlet gylle. Aarhus Universitet har vurderet, at biogas kan reducere CO₂-belastningen i landbrugssektoren fra kvæggylle med 39 %. Klimabelastningen fra grise-gylle kan reduceres med 17% ved traditionel gylleudslusning, som dog bliver forøget til 52% i forbindelse med at ugentlig udslusning bliver et lovkrav og implementeret i staldene.⁷⁸

Den danske biogasindustri har indenfor de seneste 10 år gennemgået en massiv udvikling, og i dag bliver mere end 30 % af husdyrgødningen afgasset. En yderligere udbygning af biogasindustrien kan sammen med en reduktion af gasforbruget sikre, at Danmark bliver uafhængig af fossil naturgas indenfor en kort årrække.

Tidligere var de landbrugsbaserede biogasanlæg udelukkende baseret på gylle, energiafgrøder og let omsættelige affaldsprodukter. I dag anvendes også tungt omsættelige produkter, eksempelvis dybstrøelse og halm. Den kommende udbygning af biogas vil fortsat hovedsageligt være baseret på husdyrgødning, og forventningen er, at i 2030 bliver omkring 60 % af husdyrgødningen i Danmark afsat til biogasanlæg.

Halm er den råvare, som repræsenterer det suverænt største uudnyttede potentiale i forhold til biogas, og hvis de ambitiøse målsætninger om øget biogasgasproduktion skal indfries samtidig med, at forbruget af energiafgrøder bliver reduceret, skal en stor del af halmen anvendes til biogasproduktion.

Det registrerede forbrug af husdyrgødning til biogasproduktion er angivet i tabel 7.1 for 2021 sammen med den forventende mængde anvendt i 2030. Forventningen er baseret på SEGES Innovations konservative vurdering på baggrund af bl.a. analyser fra Biogas Danmark og Energistyrelsen. Udviklingen i gasprisen og rammevilkårene for biogasproduktion i Danmark vil have direkte indvirkning på, hvor meget biogasindustrien kommer til at vokse i løbet af de kommende år.

⁷⁸ Petersen, S. O. 2020. Opdatering af klimaeffekter for virkemidler i landbruget bl.a. som følge af nyt kvælstofvirkemiddelkatalog – tilføjelse, Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Tabel 7.1: Mængden af husdyrgødning til biogasproduktion i dag og i 2030 (Mio. ton)

År	2020-2021	2030
Husdyrgødning	Energistyrelsens Biomasseopgørelse	SEGES Innovations vurdering
Kvæggylle til biogas	5,72	11,4
Grisegylle til biogas	3,64	7,3
Dybstrøelse, kvæg	0,99	2
Dybstrøelse, fjerkræ	0,08	0,16
Anden husdyrgødning	0,35	0,7
Husdyrgødning total	10,78	21,6

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

I den territoriale opgørelse bliver landbruget på nuværende tidspunkt kun godskrevet for afgang af gylle, mens effekten fra afgang af dybstrøelse ikke indgår.

I den nationale opgørelse anvender DCE en gennemsnitlig emissionsfaktor på 2,39 kg CH₄/ton grisegylle og 1,48 kg CH₄/ton kvæggylle⁷⁹, mens emissionsfaktoren i det endnu ikke offentliggjorte virkemiddelkatalog fra Aarhus Universitet er hævet til 3,75 kg CH₄/ton grisegylle og 2,5 kg CH₄/ton kvæggylle⁸⁰. Der er således ekstrem stor usikkerhed i emissionen fra gylle, og det er uklart hvilken emissionsfaktor, der indgår som grundlag i beregningen af det forventede reduktionspotentiale i Landbrugsaftalen⁸¹.

Aarhus Universitet vurderer, at bruttoeffekten, der både inkluderer drivhusgasbesparelser i energi- og landbrugssektoren ved afgang af husdyrgødning, er 88 kg CO₂e/ton svinegylle og 49 kg CO₂e/ton kvæggylle⁸².

Klimagevinsten ved afgang af kvæg- og grisegylle i 2030 er beregnet i tabel 7.2 nedenfor.

 Tabel 7.2: Brutto (Energisektor og Landbrugssektor) og netto (kun Landbrugssektor) drivhusgasreduktion med afsæt i metan-emissionsfaktorer anvendt i DCE's nationale opgørelse⁸¹ og en GWP₁₀₀-værdi for metan på 25.

	Grisegylle	Kvæggylle
Gylle til biogas i 2030	7,3	11,4
Emissionsfaktor, kg CH ₄ /ton gylle	2,39	1,48
Nett-effekt ved afgang til 2020, mio. ton CO ₂ e	0,04	0,08
Netto-effekt ved afgang frem til 2030, mio. ton CO ₂ e	0,07	0,16
Netto-effekt ved afgang fra 2020 – 2030, kg CO ₂ e/ton gylle	0,04	0,08
Brutto-effekt ved afgang, mio. ton CO ₂ e	0,6	0,56

Der er ekstrem stor usikkerhed om, hvor stor klimagevinsten er ved afgang af gylle, og effekten er blevet op- og nedskrevet flere gange.

Effekten er baseret på et teoretisk beregnet grundlag, og der er meget lidt dokumentation for de reelle emissioner. Det er først nu, at Aarhus Universitet og SEGES Innovation har fået bevillinger til at gennemføre en række test og forsøg, som kan dokumentere de reelle emissioner. De anførte effekter kan derfor meget vel

⁷⁹ Nielsen, O.-K. m.fl. 2022. Denmark's National Inventory Report 2022. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi

⁸⁰ Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

⁸¹ Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug. 2021. Regering og aftalepartnere

⁸² Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

blive justeret, når der foreligger ny, dokumenteret viden. Potentialet vurderes til at være cirka 0,12 mio. ton CO₂e/år fra 2020 til 2030.

Den kommende udbygning af biogasbranchen forventes hovedsageligt at være baseret på husdyrgødning og halm, og som nævnt tidligere, er det forventningen, at Danmark inden for få år får afgasset 60 % af husdyrgødningen. Vi ser altså ind i en fremtid, hvor afgasset biomasse bliver den suverænt største gødningstype, der bliver udbragt på de danske marker.

Halm er den biomasse, som har det største potentiale til at øge produktionen af biogas, fordi der fortsat er store mængder uudnyttet halm til rådighed. Der ligger dog fortsat tekniske og økonomiske udfordringer i at bruge større mængder halm som alternativ til de mere letomsættelige produkter. Et øget forbrug af halm vil ændre den afgassede biomasse markant, og der er et akut behov for at få kortlagt ammoniak- og metanemissionen fra lageret fra forskellige typer afgasset biomasse.

Sammenlignet med de råvarer, som biogasanlæggene i dag anvender, er halm mere ressource- og energi-krævende at anvende. Derudover bør der med anvendelsen af store mængder halm også være mulighed for, at den afgassede biomasse kan blive separeret, så væskefraktionen kan leveres som et gødningsprodukt, der kan bruges de steder, hvor gødningen ikke bliver nedfældet. Hvis ikke dét er tilfældet, vil konsekvensen være et øget ammoniaktab, og en dårligere kvælstofudnyttelse end afgasset biomasse produceret uden brug af halm. Det skyldes, at man kan få en ugunstig kombination af lav ammoniumandel, højt tørstofindhold og højt pH i den afgassede biomasse fra biogasanlæg, der bruger store mængder halm og dybstrøelse. Øget brug af halm og andet tungt omsætteligt materiale kan også give et forøget restgaspotentiale i den afgassede biomasse, som vil medføre risiko for forøget metanemission fra lageret og dermed en mindre klimaeffekt end estimeret ovenfor.

Der er således et akut behov for at finde effektive løsninger, der kan forbedre den afgassede biomasse. Det kan f.eks. ske gennem effektive forbehandlingsmetoder, procesoptimering eller separering af den afgassede biomasse, der giver gødningsprodukter med et lavere restgaspotentiale og en lavere viskositet, så det bedre kan trænge ned i jorden. Når biomassen separeres, åbner det også op for muligheden for, at biogasanlægget kan levere designergylle, der matcher den enkelte bedrifts gødningsmæssige behov, og fiberfraktionen kan anvendes som biomasse i pyrolyseanlæg

7.2 Forsuring i gylletanke

Undersøgelser viser, at forsuring af gyllen har en effekt på metanemissionen. Aarhus Universitets har i laborieforsøg vist 70% reduktion i metanemission ved at tilsætte 2,1 kg svovlsyre/m³ gylle⁸³. Undersøgelsen blev gennemført på grisegylle, men der forventes, at der er en effekt ved behandling af kvæggylle ligeledes. Udover tilsætning af svovlsyre til gyllen, så har gylletemperaturen også en effekt på dannelse af metan. Det vil sige, at i vinterperioden er metanemissionen lavere end i sommerperioden i gylletanken. Teknologien "lavdosis forsuring i gylletanke" er en ny teknologi, som i 2023/2024 bliver dokumenteret af Aarhus Universitet i forhold til effekten på metanemissionen. Her kombineres effekten af svovlsyre sammen med udnyttelse af, at udetemperaturen bliver lavere i efterår/vinterperioden. Der er planlagt test på otte gylletanke med kvæggylle og otte gylletanke med grisegylle.

SEGES Innovation undersøger effekten af sommerforsuring, hvor der til en 2500 m³ gylletank med grisegylle tilsættes en engangsdosis på 3,2 kg konc. svovlsyre/m³ tankkapacitet i juli måned (svarende til 8 kg syre/ m³ gylle i tanken i juli måned). Metanemissionen bliver derefter sammenholdt med en tilsvarende gylletank på samme ejendom over et år⁸⁴.

⁸³ Chun, M., F. R. Dalby, A. Feilberg, B. H. Jacobsen & S. O. Petersen. 2022. Low-Dose Acidification as a Methane Mitigation Strategy for Manure Management. ACS Agric. Sci. Technol. 2022, 2, 3, p 437–442.

⁸⁴ Afprøvning. 1820: Klimagylle, PAF projekt (2022-2024) igangværende projekt ej publiceret

Svovlsyre tilsættes således gyllen i den varme sommerperiode samt eventuelt i den første del af efteråret med en dosis svarende til 2-3 kg svovlsyre per m³ kapacitet i gyllebeholder. Det er på dette tidspunkt, der dannes mest metan, da gyllens temperatur er høj (17-18°C). I efteråret og hen over den kolde vinterperiode tilsættes ikke svovlsyre, hvor den lave temperatur i vinterperioden sikrer en lav emission af metan fra gylletanken.

Tilsætning af syre kræver certifikat, og forholdsregler bør overholdes under håndtering ved tilsætning af syren. Man bør derfor leje en maskinstation til tilsætning af koncentreret svovlsyre til gyllen. Syren skal tilsættes under omrøring af gyllen, hvilket kræver en vis gyllestand i tanken, f.eks. 80-100 cm. Der er derfor behov for at udvikle en teknologisk løsning, hvor syren kan tilsættes i forbindelse med overpumpning af gylle fra fortank til gylletank.

Når svovlsyre tilsættes i gylletanken, sker der samtidig skumdannelse i tanken med frigivelse af både kuldioxid og svovlbrinte. På enkelte teltoverdækkede gylletanke er set skader/erosioner på tankens betonelementer. Selv om det ikke er afklaret, om det skyldes syretilsætning i gylletankene, bør det undersøges om tankforsuring giver risiko for syreskader på betonvægge, når svovlsyre tilsættes direkte i gylletanken.

Ammoniakfordampningen fra gyllen vil i mindre grad blive reduceret ved denne lavdosis forsuring, og den forsuredede gylle vil i mange tilfælde tilføre tilstrækkelig svovl til markerne til at dække afgrødernes behov.

Reglerne mht. syredosering til gyllen inden udbringning (BEK 1551 af 2. juli 2021) har til formål at sikre en reduktion af ammoniaktab ved overfladeudbringning på marken. Denne syretilsætning må tidligst ske fire uger før udbringning, da syreeffekten ellers vil aftage. Det bør undersøges, hvorvidt lavdosis sommerforsuringens effekt på pH kan indgå i ammoniakeffekten ved udbringning.

Forudsætninger:

Det forudsættes, at "lavdosis forsuring af gylletanke" reducerer metanemissionen med 70%⁸⁵. Der er på nuværende tidspunkt kun laboratorie- og pilotskala-undersøgelser, som estimerer effekten. Da mange vil benytte sig af tilsætning direkte i tanken, og det kræver en vis gyllestand i tanken, vil der ske en udledning af metan i perioden, indtil der er en tilstrækkelig mængde gylle. Det vil typisk være i perioden maj/juni, hvor der er lille gyllemængde men høj metandannelse pga. temperaturen. Der forventes derfor kun en gennemsnitlig effekt på 60% ved lavdosisforsuring.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til landbrugsaftalen ift. 2030 målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Metanemissionen fra gyllelageret er i den nationale opgørelse⁸⁵ fastsat til 0,7 kg metan per ton kvæggylle og 0,74 kg metan per ton grisegylle. Reduktionspotentialet ved lav dosisforsuring ved 60% effekt er dermed 10,5 kg CO₂e/ton kvæggylle og 11,1 kg CO₂e/ton grisegylle (GWP₁₀₀-værdi for metan på 25).

Kvæggylle, der leveres til biogas, forventes at stige til et niveau på 11,4 mio. ton inden 2030. Den resterende mængde på 8,5 mio. ton kan behandles i gyllelageret, hvilket vil kunne bidrage med en reduceret metanemission svarende til 71 kt CO₂e/år, hvis f.eks. 80 % af denne gylle behandles med lavdosisforsuring.

Grisegylle, der leveres til biogas, forventes at stige til et niveau på 7,3 mio. ton inden 2030. Den resterende mængde på 10,8 mio. ton kan behandles i gyllelageret, hvilket vil kunne reducere metanemissionen med 96 kt CO₂e, hvis f.eks. 80 % af denne gylle behandles med lavdosisforsuring. Det bør overvejes, om afgasset gylle også skal behandles med syre, da der tilsættes en række andre biomasser end husdyrgødningen på biogasanlæggene. Udfordringen er dog, at der eventuelt skal tilsættes en relativ stor syremængde, da pH er væsentlig højere i afgasset gylle end i almindelig kvæggylle.

⁸⁵ Nielsen, O.-K. m.fl. 2022. Denmark's National Inventory Report 2022. Aarhus Universitets, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi

Der forventes – specielt for grisegylle – en højere emissionsfaktor fra gyllen i lageret end den anvendte emissionsfaktor i den nationale opgørelse⁸⁶. I Aarhus Universitets udkast til et virkemiddelkatalog⁸⁷ forventes emissionen at stige til 0,87 kg CH₄/ton kvæggylle fra lageret, mens den fra grisegylle forventes at stige til 2,12 kg CH₄/ton. Dermed vil potentialet for kvæggylle være 89 kt CO₂e, hvis 80 % af den kvæggylle, der ikke leveres til biogas, lagerforsures, mens det vil være 275 kt CO₂e, hvis 80 % af den grisegylle, der ikke leveres til biogas, lagerforsures. Der er altså et væsentligt højere potentiale i grisegylle, hvis emissionsfaktoren fra Aarhus Universitets udkast til virkemiddelkatalog anvendes. Der vil endvidere være en synergieffekt, hvis lagerforsuring kombineres med hyppig eller daglig gylleudslusning. Dette er gennemgået under de enkelte virkemidler.

Der er ligeledes gennemgået teknologierne fakkelafrænding og biologisk metanoxidering. Potentialet fra de tre teknologier kan ikke adderes, men er beregnet for hver teknologi for sig. Det giver blot flere muligheder, hvor landmanden kan vælge den teknologi, der passer bedst på bedriften. En væsentlig fordel ved lavdosisforsuring er, at den kan udføres på både åbne gylletanke og på teltoverdækkede gylletanke.

Det er kun konventionelle landmænd, der kan anvende syntetiske syrer, mens økologerne har mulighed for at anvende naturlige syrer.

7.3 Fakkelafrænding af metan fra gylletanke

Fakkelafrænding af biogas er en velkendt teknik til at skaffe sig af med overskydende metan på biogasanlæg, når der af en eller anden grund er metanoverskud i bufferlageret.

Fakkelafrænding af metan fra gylletanke vil være en mulighed og foregår ved, at der suges en luftstrøm fra luftrummet under overdækningen hen til en brænder. Metankoncentrationen skal være tilstrækkelig høj til at kunne brænde, dvs. sandsynligvis over 7-8 %, da der ellers skal tilføres "støttegas" til at drive flammen. Metankoncentrationen under teltoverdækningen på gylletanke vil dog ikke altid være så høj, men særligt i sommer og efterårsmånederne vil der kunne opnås tilstrækkelig høj koncentration til, at metanen kan afbrændes. Særligt i tanke med grisegylle er der fundet høje koncentrationer i denne periode svarende til 8-12 % metan i luften under teltoverdækningen⁸⁸. I kvæggylletanke blev der fundet en lavere koncentrationen, hvilket skyldes at kvæggylletanke ofte tømmes hen over sommeren, og at der er en mindre metanproduktion i kvæggylle ved en temperatur på 10-20°C.

I undersøgelser har SEGES Innovation fundet en udskiftning af luften under teltoverdækningen svarende til 50-200 m³/time⁹⁰. Luftsiftet genereres af små ventilåbninger øverst på teltdugen samt små utætheder langs betonkanten og sandsynligvis ved pumpelugerne. Disse åbninger reducerer metankoncentrationen. Ventilati- onen af teltoverdækkede gylletanke er et krav i Landbrugets byggeblad⁸⁹ for at sikre, at der ikke opbygges så høje metankoncentrationer, at der risikeres en gasekspllosion. Men i forbindelse med fakkelafrænding ønskes netop høje metankoncentrationer, og teltoverdækningen skal derfor tætnes, dvs. ventilerne øverst på teltdugen skal lukkes, og utætheder tætnes. Derved vil man, ud over at opnå en højere metankoncentration, også undgå et unødigt tab af metan til atmosfæren. Det kræver dog, at kravet til ventilation ændres. I et GUDP-projekt (LESS) skal fakkelafrænding undersøges på én gylletank, hvor dels effektiviteten af afbrændingen undersøges, og dels skal røggassen undersøges for uønskede gasser f.eks. nitrogenoxider. Det forventes, at der skal opstilles ATEX-krav til pumper og andre komponenter imellem gylletank og fakkelafrænderen.

Forudsætninger:

Det forudsættes, at tætning af teltoverdækningen sammen med et sug til fakkelafrænderen kan reducere tabet af metan fra tanken til 20%. Derudover forudsættes, at 80% af det metan, der pumpes til faklen,

⁸⁶ Nielsen, O.K. m.fl. 2022. Denmark's National inventory report 2022. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi, Rapport nr. 494.

⁸⁷ Andersen, M. A, Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitets, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

⁸⁸ Afprøvning. 1718 ej publiceret og afprøvning. 1820 igangværende ej publiceret

⁸⁹ Landbrugets Byggeblad 103.04-29 af 02-06-2009. Landbrugets Byggeblade - Skabelon (landbrugsinfo.dk)

afbrændes til CO₂. Derved opnås en samlet metanreduktion fra lagertanken på 64 %, hvilket er det estimat, der angives i Aarhus Universitets udkast til et virkemiddelkatalog⁹⁰. Der er endnu ikke beregninger på forbrug af støttegas til faklen. Det forventes dog at være minimalt, da tætningen af beholderen – sammen med et lille pumpeflow – skal sikre en høj metankoncentration til faklen.

Både økologiske og konventionelle landmænd kan anvende fakkelaforbrænding.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til landbrugsaftalen ift. 2030 målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Metanemissionen fra gyllelageret er i den nationale opgørelse⁹¹ fastsat til 0,7 kg CH₄/ton kvæggylle og 0,74 kg CH₄/ton grisegylle. Reduktionspotentialet ved fakkelaforbrænding ved 64 % effekt er dermed 11,5 kg CO₂e/ton kvæggylle og 11,8 kg CO₂e/ton grisegylle (GWP₁₀₀-værdi for metan på 25).

Kvæggylle, der leveres til biogas, forventes at stige til et niveau mellem 11,4 mio. ton inden 2030. Fra den resterende kvæggylle svarende til 8,5 mio. ton kan metan dannet fra teltoverdækkede gyllelagre behandles ved fakkelaforbrænding, hvilket vil kunne bidrage med en reduktion i metanemissionen på 49kt CO₂e/år, hvis f.eks. 50% af disse gyllelagre teltoverdækkes, og metangassen fra denne gylle fakkelaforbrændes.

Grisegylle, der leveres til biogas, forventes at stige til 7,3 mio. ton inden 2030. Fra den resterende gylle svarende til 10,8 mio. ton kan metan dannet fra teltoverdækkede gyllelagre behandles ved fakkelaforbrænding, hvilket vil kunne reducere metanemissionen med 89 kt CO₂e/år, hvis f.eks. 70 % af disse gyllelagre teltoverdækkes, og metangassen fra denne gylle fakkelaforbrændes.

Der forventes, specielt for grisegylle, en højere emissionsfaktor fra gyllen i lageret end den anvendte emissionsfaktor i den nationale opgørelse⁹². I Aarhus Universitets udkast til et virkemiddelkatalog forventes emissionen at stige til 0,87 kg CH₄/ton kvæggylle fra lageret, mens den fra grisegylle forventes at stige til 2,12 kg CH₄/ton. Dermed vil potentialet for kvæggylle være 59 kt CO₂e/år, hvis 50 % af den kvæggylle, der ikke leveres til biogas, teltoverdækkes og metangassen ledes til fakkelaforbrænder, mens det vil være 256 kt CO₂e/år, hvis 70 % af den grisegylle, der ikke leveres til biogas, teltoverdækkes og metangassen ledes til fakkelaforbrænder. Der er altså et væsentligt højere potentiale i grisegylle, hvis emissionsfaktoren fra Aarhus Universitets udkast til virkemiddelkataloget anvendes. Der vil endvidere være en synergieffekt, hvis fakkelaforbrænding kombineres med hyppig gylleudslusning eller linespil. Se øvrige afsnit om dette.

Der er ligeledes gennemgået teknologierne tankforsuring og biologisk metanoxidering. Potentialet fra de tre teknologier kan ikke adderes, men er beregnet for hver teknologi for sig. Det giver blot flere muligheder, hvor landmanden kan vælge den teknologi, der passer bedst på bedriften. Sandsynligvis vil fakkelaforbrænding fungere mindre godt fra gylletanke med kvæggylle, da metankoncentrationen er lav.

7.4 Biologisk oxidering af metan fra gylletanke

DTU Miljø og COWI har tidligere arbejdet med kompostfilter (Biocover) til oxidering af metanudslip fra ældre affaldsdeponier. Filteret består af et rørsystem under et gasfordelingslag af sten, hvorpå der er lagt cirka 1 meter modnet kompostlag. Undersøgelser har vist en høj næsten fuldstændig fjernelse af metan via et biocover, hvor luften fra affaldsdeponiet diffunderer passivt gennem kompostfilteret med høj opholdstid.

I et GUDP-projekt (BioMet) undersøger DTU Miljø, COWI og SEGES Innovation biologisk oxidering i et kompostfilter placeret ved en teltoverdækket gylletank med grisegylle. Teltoverdækningens ventiler øverst på

⁹⁰ Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitets, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

⁹¹ Nielsen, O.K. m.fl. 2022. Denmark's National inventory report 2022. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi, Rapport nr. 494.

⁹² Nielsen, O.K. m.fl. 2022. Denmark's National inventory report 2022. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi, Rapport nr. 494.

teltdugen er blevet lukket, og en sugeslange er tilsluttet en pumpe, der suger 100 m³ luft fra tanken pr. time. Luften ledes ind under kompostfilteret i et rørsystem. De foreløbige resultater er meget positive, hvor der er fundet omkring 90% reduktion af det metan, der kommer fra luftstrømmen. Gyllebeholderens størrelse er 3500 m³, og størrelsen på filteret er 400 m². Filterstørrelsen blev bestemt ud fra nogle indledende koncentrationsmålinger, hvor der fra denne gylletank blev fundet høje koncentrationer af metan, svarende til 15-17%. Der er endvidere målt, hvor meget metan, der ikke bliver opsamlet i suget til kompostfilteret, og det estimeres at være ca. 20 % metan, der tabes fra tanken. Det skal dog undersøges nærmere.

Forudsætninger:

Det forudsættes, at tætning af teltoverdækningen sammen med et sug til kompostfilteret kan reducere tabet af metan fra tanken til 20 %. Derudover forudsættes at 85-90 % af det metan, der pumpes til kompostfilteret, omdannes til CO₂. Derved opnås en samlet metanreduktion fra lagertanken på 70 %.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til landbrugsaftalen ift. 2030 målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Metanemissionen fra gyllelageret er i den nationale opgørelse⁹³ fastsat til 0,7 kg CH₄/ton kvæggylle og 0,74 kg CH₄/ton grisegylle. Reduktionspotentialet ved kompostfilter ved 70 % effekt er dermed 12,3 kg CO₂e/ton kvæggylle og 13,0 kg CO₂e/ton grisegylle (GWP₁₀₀-værdi for metan på 25).

Kvæggylle, der leveres til biogas, forventes at stige til et niveau på 11,4 mio. tons inden 2030. Fra den resterende kvæggylle svarende til 8,5 mio. tons kan metan dannet fra teltoverdækkede gylletanke omsættes til CO₂ via et kompostfilter. Det vil svare til en reduktion i metanemissionen på 52 kt CO₂e, hvis f.eks. 50 % af disse gylletanke teltoverdækkes, og metangassen fra denne gylle pumpes til et kompostfilter.

Grisegylle, der leveres til biogas, forventes at stige til 7,3 mio. ton inden 2030. Fra den resterende gylle svarende til 10,8 mio. ton kan metan dannet fra teltoverdækkede gylletanke omsættes til CO₂ via et kompostfilter. Det vil svare til en reduktion i metanemissionen på 98 kt CO₂e, hvis f.eks. 70 % af disse gylletanke teltoverdækkes, og metangassen fra denne gylle pumpes til kompostfilter.

Der forventes, specielt for grisegylle, en højere emissionsfaktor fra gyllen i lageret end den anvendte emissionsfaktor i den nationale opgørelse⁹⁴. I Aarhus Universitets udkast til et virkemiddelkatalog⁹⁵ forventes emissionen at stige til 0,87 kg CH₄/ton kvæggylle fra lageret, mens den fra grisegylle forventes at stige til 2,12 kg CH₄/ton. Dermed vil potentialet for kvæggylle være 65 kt CO₂e/år, hvis 50 % af den kvæggylle, der ikke leveres til biogas, teltoverdækkes, og metanen ledes til kompostfilter, mens det vil være 280 kt CO₂e/år, hvis 70 % af den grisegylle, der ikke leveres til biogas, teltoverdækkes, og metanen ledes til kompostfilter. Der er altså et væsentligt højere potentiale i grisegylle, hvis emissionsfaktoren fra Aarhus Universitets udkast anvendes. Der vil endvidere være en synergieffekt, hvis kompostfilter kombineres med hyppig eller daglig gylleudslusning.

Der er ligeledes gennemgået teknologierne tankforsuring og fakkelafløbning. Potentialet fra de tre teknologier kan ikke adderes, men er beregnet for hver teknologi for sig. Det giver blot flere muligheder, hvor landmanden kan vælge den teknologi, der passer bedst på bedriften. Eksempelvis kunne kompostfilter være bedre til kvæggylle, da der ikke vil være behov for et lige så stort filter pr. m³ gylletank, da metanemissionen fra kvæggylle forventes at være mindre end fra grisegylle.

⁹³ Nielsen, O.-K. m.fl. 2022. Denmark's National Inventory Report 2022. Aarhus Universitets, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi

⁹⁴ Nielsen, O.-K. m.fl. 2022. Denmark's National Inventory Report 2022. Aarhus Universitets, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi

⁹⁵ Andersen, M. A., Hansen, E. M. m.fl. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget (Høringsudkast), Aarhus Universitets, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

8. Klimavirkemidler – Fjerkræ

8.1 Gødningsbånd

Etagesystemer til æglæggende høner og opdræt kan udstyres med gødningsbånd, som opsamler mellem 60-70 % af al den gødning hønerne afsætter⁹⁶. Via gødningsbåndet, kan gødningen transporteres ud af stalden, således, at emissioner af ammoniak (NH₃) og lattergas (N₂O) fra stalden mindskes. Gødningsbåndet skal køre mindst to gange pr. uge.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Det forventes, at gødningsbånd kan reducere NH₃- og N₂O-emissionen med ca. 40 % i æglægger og opdrætsstalde.

For konsumægshøner svarer det til en CO₂e-reduktion på 0,8 kg CO₂e/årshøne. Svarende til 3,2 kt CO₂e/år. For opdræt svarer det til en CO₂e-reduktion på 0,4 kg CO₂e/hønnike, svarende til 1,5 kt CO₂e/år.

Den samlede effekt af at anvende gødningsbånd til høner og hønniker forventes at være 4,7 kt CO₂e/år.

8.2 Varmeveksler til fjerkræstalde

En varmeveksler overfører energi fra varm afgangsluft til den koldere udeluft, hvorefter den opvarmede udeluft føres ind under kippen i stalden. Varmerveksleren reducerer energiforbruget til opvarmning af stalden og ned-sætter ammoniakfordampningen fra fjerkræstalden. Når strøelsen holdes tør, reduceres gødningens vandindhold, og den mikrobielle nedbrydning af urinsyre til NH₃ mindskes, og dermed falder fordampning af NH₃, N₂O og CH₄ fra strøelsen.

Der er også stor interesse for at anvende varmevekslere i æglæggestalde for at sænke ammoniakkoncentrationen i staldluften. Dette påvirker både dyrene i stalden og bedriftens klimaaftryk. Et amerikansk studie har vist, at en varmeveksler installeret i en æglæggestald med gødningsbånd kunne halvere ammoniakkoncentrationen i staldluften⁹⁷. Og praktiske erfaringer fra landmand Jens Skovgaard viste, at en varmeveksler i en skrabeægsstald kunne sænke luftens ammoniakkoncentration mellem 20-70 %⁹⁸.

Forudsætninger:

Anvendelse af varmeveksler (med støvfilter) har i danske slagtekyllingestalde vist sig at fjerne op til 30 % af ammoniakken fra staldluften - dels via udtørring af gødning/strøelse og dels via filtrering af en del af luften⁹⁹.

Danske og hollandske studier viser, at æglæggende høner i stalde uden gødningsbånd har en emission pr. årshøne på 456 g NH₃, 71 g CH₄, og 32,7 g N₂O^{100,101}. Selvom NH₃ ikke er en klimagas, resulterer den høje NH₃-emission i en 20 % stigning i ovennævnte N₂O-emission. Derfor vil hønernes klimaaftryk reduceres markant, hvis man ved hjælp af en varmeveksler kan reducere NH₃-emissionen og udtørre gødningen og på den måde sænke den mikrobielle dannelse af klimagasser (CH₄ og N₂O).

⁹⁶ Kai, P. 2021. Kapitel 8 Tab fra stalde i DCA-rapport "Normtal for husdyrgødning". Aarhus Universitet.

⁹⁷ Ramirez, B. 2019. Characterization of an Air-to-Air heat Exchanger for Manure Belt Drying Ventilation in an Aviary Laying Hen House. Iowa State University.

⁹⁸ Larsen, J.N. 2021. Dansk Erhvervsfjerkræ, april 2021.

⁹⁹ Hansen, 2013. Odour and ammonia emission from broiler houses with and without a heat exchange system. Test report. AgroTech.

¹⁰⁰ Provstgaard, N., Riis, M. & Hansen, M.N. 2010. Undersøgelse af ammoniakemission fra rugeægsstalde 2008-2010. Videncentret for Landbrug.

¹⁰¹ Winkel, A., Mosquera, J., Hol, J.M.G., Nijboer, G.M., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. 2009. Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in voliërehuisvesting (Støvemission fra stalde: æglæggende høner i volierestalde). Rapport 278, Wageningen UR Livestock Research.

Reduktionspotentiale – effekt i forhold til Landbrugsaftalen ift. 2030-målet (Territorial) (CO₂e-effekt):

Det forventes, at en varmeveksler i slagtekyllingestalde kan reducere klimaaftrykket fra gødningen med 0,25 kg CO₂e/kylling svarende til en besparelse på 25 kt CO₂e/år for dansk kyllingeproduktion.

For æglæggestalde uden gødningsbånd – som især ses ved rugeægproduktion – kan klimaaftrykket fra emissioner fra gødning i stalden reduceres med 1 kg CO₂e/årshøne. For 1,2 mio. rugeægshøner svarer det til 1,2 kt CO₂e. For øvrige æglæggestalde forventes varmevekslere at kunne reducere klimaaftrykket pr. årshøne med 0,5 kg CO₂e svarende til 2,0 kt CO₂e/år.

I alt forventes varmevekslere at reducere dansk fjerkræproduktions klimaaftryk med 28,2 kt CO₂e/år i 2030 og frem.

Det forventes, at hønernes produktivitet samt sundhed og velfærd stiger, når en varmeveksler sænker ammoniakkoncentrationen i staldluften.

9. Ændring i produktionsgrundlaget 2030

Ændringen i produktionsgrundlaget frem mod 2030 vil blandt andet være afhængig af landbrugsvirksomhedernes økonomi, den løbende strukturudvikling samt den usikkerhed, der er opstået på grund af en mulig CO₂e-afgift og hvilken model, der måtte vælges samt effekten af øvrige landbrugsreformer nationalt og i EU. Fremskrivningen af produktionsgrundlaget er derfor forbundet med en vis usikkerhed.

Produktionsgrundlaget i 2030, som benyttes i beregningerne forudsætter ovenstående kompensations- og støtteordninger og tager primært udgangspunkt i en fremskrivning af den generelle strukturudvikling samt for arealets vedkommende tillige den allerede vedtagne eller forventede udtagning og arealanvendelse.

9.1 Kvæg

Tabellen viser en fremskrivning af kvægproduktionen til 2030 med udgangspunkt i produktionen i 2020 og på basis af den historiske udvikling de seneste 20 år.

Tablet 9.1 Fremskrivning af kvægproduktionen til 2030.

Kvæg fremskrivning	2020	2030
Årskøer, Stor race	489.200	420.600
Årsopdræt, Stor race	448.000	365.900
Årskøer, Jersey	77.800	74.800
Årsopdræt, Jersey	71.300	65.100
Ammekøer	81.600	61.000
Årsopdræt, Slagtekvier	24.500	32.100
Slagtekalve	161.000	146.100
Stude	5.000	5.000

Fremskrivningen forudsætter, at produktion af mælk holdes konstant i de næste 10 år samt en ydelsesstigning på 1,5 %/år. Det medfører en reduktion i antallet af køer, idet den gennemsnitlige ydelse for alle køer stiger til 11.600 kg i 2030.

Desuden forudsættes, at andelen af jerseykøer øges fra 14 % i 2020 til 15 % i 2030, da der kan være fordele i at omlægge til mindre køer.

For opdrættet er der fokus på at reducere antallet, hvilket sker med en større andel kødkvægskrydsninger og kønssorteret sæd. Dermed øges produktionen af tyrekalve og slagtekvier forholdsmæssigt, men det samlede antal er stadig faldende, da antal årskøer er reduceret.

Bestanden af ammekøer har været faldende de seneste år, og der forudsættes, at faldet fortsætter i samme takt dvs. ca. 2.000 færre dyr om året.

9.2 Gris

Det estimeres, at der i 2030 vil være ca. 0,93 mio. søer og uændret smågriseproduktion med et fortsat lille fald i danske slagtninger og en lille positiv tendens på smågriseeksportmarkedet.

Den naturlige afgang af griseproduktionsanlæg er ca. 3-4 % om året. Hvis der ikke bygges nyt, vil produktionsanlæggene blive reduceret med 24-32 % frem mod 2030 som følge af den naturlige afgang af udtjente stalde. Nybygninger af grisestalde vil blandt andet afhænge af konjunkturerne og effekten fra en CO₂-afgift mv.

Frem mod 2030 forventes en nedgang i antallet af eksporterede smågrise fra konkurrerende lande f.eks. Holland, og skærpede og omkostningstunge velfærdsregler for farestalde i Tyskland forventes at forbedre markedssituationen for den danske smågriseeksport til især Tyskland.

På baggrund af den historiske og forventede udvikling i sobestanden, antal slagtninger i Danmark og eksporten af smågrise fremskrives antallet af slagtninger i Danmark fra 16,9 mio. i 2022 til 16,3 mio. i 2030, eksporten af 30 kg smågrise udviser en lille stigning fra 14,3 til 14,4 mio. i 2030, og antallet af søer forventes at falde til ca. 900.000 i 2030.

9.3 Mark

Samlet set er produktionsgrundlaget fremskrevet til et fald på ca. 10 % af det dyrkbare areal, og det antages, at der ikke finder emission fra landbruget sted, når arealet er taget ud af omdrift.

Faldet på ca. 10 % af det dyrkbare areal er anslået ud fra implementeringen af udtagning af kulstofrige jorde, areal afsat til skovrejsning, opfyldelse af GLM8-kravet om 4 % uproduktiv jord, øvrig ekstensivering, en trendmæssig fremskrivning af anvendelse af landbrugsjord til byudvikling og infrastruktur samt overdragelse af landbrugsjord til energifremstilling med blandt andet vindmøller og solceller mv. Tilsammen ca. 250.000 ha ud af det nuværende samlede landbrugsareal på ca. 2,6 mio. ha.

På grund af stor usikkerhed vedrørende de konkret berørte arealer, som anvendes til andre formål, er der i notatet forudsat en uændret afgrødefordeling i forhold til den nuværende. Det vil sige, at arealstørrelsen for de enkelte afgrøder blot er nedskaleret proportionalt, så det svarer til den samlede nedgang.

10. Samlet potentiale for reduktion af drivhusgasser fra landbruget frem med 2030

Tabel 10.1 Samlet potentiale fordelt på virkemidler

Virkemiddel	Kendte 2,4 mio. ton CO ₂ e		Udviklingssporet 5,0 mio. ton CO ₂ e		Yderligere udvikling, mio. ton CO ₂ e	
	Fra	Til	Fra	Til	Fra	Til
Klimavirkemidler mark						
4.1 Udtagning af kulstofrige lavbundsjord	1,99	2,58				
4.2 Skovrejsning	0,05	0,05				
4.3 Nitrifikationshæmmere			0,575	0,575		
4.4 Klimaoptimeret gødningsanvendelse					0,4	0,5
4.5 Biochar – Pyrolyse			0	1,26		
4.6 Øget kulstoflagring i jord			0	0		
4.7 Dyrkning af græsprotein			0,075	0,150		
4.8 Økologi			0,181	0,5		
4.9 Produktivitet i marken			0	0		
Klimavirkemidler kvæg						
5.1 Gylleforsuring i stald – kvæg			0	0		
5.2 Drænet fast gulv med gødningskrabere			0,050	0,060		
5.3 Foderadditiver til reduktion af enterisk metan			0,72	0,96		
5.4 Fedt i foderet til reduktion af enterisk metan	0,009	0,009				
5.5 Avl			0,003	0,008		
5.5 Opfangning og reduktion af metan i kvægstalde						
Klimavirkemidler – Gris						
6.1 Gylleforsuring i stald – Gris			0,015	0,020		
6.2 Hyppig gylleudslusning	0,130	0,135	-0,030	-0,030		
6.3 Linespilsanlæg			0,065	0,070		
6.4 Gyllekøling			0,013	0,015		
6.5 klimaoptimeret foder og udvik. i produktivitet			0,054	0,054		
6.6 Synergi, hyppig udslusning/linespil og lagerbehandling			0,060	0,070		
Lagerbehandling – Kvæg og Gris						
7.1 Biogas			0,095	0,100		
7.2 Forsuring gylletanke			0,165	0,170		
7.3 Fakkelaftbræning af metan fra gylletank			0,135	0,140		
7.4 Biologisk oxidering af metan fra gyllebeholdere			0,145	0,150		
<i>Effekt af ikke additive virkemidler 7.2, 7.3 og 7.4</i>			<i>0,165</i>	<i>0,180</i>		
Klimavirkemidler – Fjerkræ						
8.1 Gødningsbånd			0,005	0,005		
8.2 Varmevekslere til fjerkræstalde			0,028	0,028		
Produktionsgrundlagsændringer frem til 2030						
9.1 Mark			0,630	0,630		
9.2 Kvæg			0,127	0,127		
9.3 Gris			0,051	0,051		
SEGES Innovation beregninger i alt	2,179	2,774	2,88	4,83	0,4	0,5
Landbrugsaftale øvrige elementer						
Kvælstofindsatser	0,64	0,64				
Beslutede tiltag i landbrugsaftalen – øvrige tiltag	0,20	0,2				
I alt implementeringssporet, ekskl. CAP	3,019	3,614				
EU's landbrugsreform CAP2027	0,38	0,38				
I alt implementerings- og udviklingsspor, inkl. CAP	3,399	3,994	2,88	4,83	0,4	0,5

Tabel 10.2 Samlet potentiale efter resultaterne i tabel 10.1, som holdes op mod landbrugsaftalens reduktion på 7,4 mio. ton.

	Fra mio. ton CO ₂ e	Til mio. ton CO ₂ e
SEGES Innovation i alt	5,5	8,1
I alt inkl. øvrige tiltag i landbrugsaftalen, ekskl. CAP	6,3	8,9
I alt inkl. Øvrige tiltag i landbrugsaftalen, inkl. CAP	6,7	9,3

Opfangning og reduktion af metan fra kvægstalde forventes først udviklet og implementeret efter 2030, og effekten er derfor ikke indregnet. Der forventes en effekt fra 0-0,5 mio. ton CO₂e, da det er usikkert, om teknologien kommer til at fungere, og effekten er afhængig af andre teknologier som eksempelvis foderadditivet Bovaer®.

11. Økonomiske konsekvenser, muligheder og udfordringer

I de ovenstående afsnit beskrives et bredt udsnit af de væsentligste virkemidler, som er eller forventes at være til rådighed til at reducere drivhusgasudledningerne frem mod 2030, og de enkelte virkemidlers reduktionspotentiale udredes. I dette afsnit redegøres der for hvilke omkostninger, der er forbundet med anvendelse af virkemidlerne. Opgørelsen af udledning og reduktionspotentiale er foretaget territorialt og vedrører landmændenes omkostninger.

Der er tidligere redegjort for en CO₂-afgifts negative påvirkning af landbrugsvirksomhedernes likviditet, aktivværdier, overlevelsessevne og værdikæde, samt hvordan likviditetsdrænet vil forringe landbrugets muligheder for at investere i og implementere CO₂-reducerende tiltag¹⁰².

Hvis landbrugets konkurrenceevne og produktionskæden omkring landbruget skal opretholdes intakt efter indførelsen af en CO₂-afgift eller anden form for regulering, er det derfor nødvendigt, at landmændene har klima- og omkostningseffektive virkemidler til rådighed. De nuværende og forventede virkemidler frem mod 2030 findes i en lang række varianter og kombinationer, og klimaeffekten er for flere virkemidlers vedkommende endnu usikker. Der angives derfor et interval for både klimaeffekt og omkostningerne forbundet med virkemidlerne. I rapporten er de anslået 33 væsentligste virkemidler vurderet, hvoraf 29 har en tilstrækkelig effektstørrelse til at blive medregnet i denne rapport.

Dette afsnits primære formål er at opgøre landmandens direkte omkostninger. Som følge heraf er der en del virkemidler, som angives at være uden omkostninger. Det vedrører virkemidler, hvor omkostningerne enten dækkes af frivillige tilskudsordninger og compensation, for eksempel for jordudtagning, eller hvor reduktionen i CO₂-udledningen er en afledt effekt af den løbende udvikling i effektivitet og produktivitet på bedriften, strukturtilpasning samt fremtidige investeringer med dertil tilhørende krav til klima og miljø mv. I nedenstående gennemgang af økonomien i de enkelte virkemidler indgår af samme årsag ikke direkte omkostninger for landmændene i forbindelse med ændringer i det underliggende produktionsgrundlag, avl, produktivitet i marken mv.

Ved flere af virkemidlerne kan der i praksis være stigende marginalomkostninger, hvis et givent virkemiddel anvendes bredt i erhvervet. Det skyldes, at bedrifternes forudsætninger for at anvende de enkelte virkemidler kan variere, hvormed omkostningerne ved investering og implementering kan være forskellige. Som konsekvens heraf vil omkostningen pr. tons reduceret CO₂e for disse virkemidler afhænge af størrelsen af reduktionen. I denne rapport har vi forudsat et gennemsnitligt omkostningsniveau, der er i overensstemmelse med ambitionen for det reduktionsniveau, der er forudsat i rapporten.

Flere af virkemidlerne til CO₂e reduktion i landbruget er i praksis behæftet med omkostninger, som blandt andet skyldes behovet for investering i teknologiske løsninger og øgede omkostninger til udvikling af for eksempel foder- eller gødningsadditiver og/eller reduceret produktionsomfang. De beregnede omkostninger, som vises nedenfor, inkluderer både landmændenes investerings- og implementeringsomkostninger.

Det er afgørende for implementeringsgraden og implementeringshastigheden, at virkemidlerne er nemme at implementere, at eventuelle barrierer fjernes, og at virkemidlerne indeholder et positivt incitament.

Tabel 11.1 viser en oversigt over de virkemidler, der er medtaget i denne rapport, opdelt efter om der for landmanden er direkte omkostninger forbundet med investering og implementering af de pågældende virkemidler.

¹⁰² Kaiser m.fl. 2023, Økonomiske konsekvenser af en generel og ensartet CO₂e-afgift, SEGES Innovation, Landbrugsinfo

Tabel 11.1 Virkemidler uden og med direkte omkostninger for landmanden

Virkemidler med klimaeffekt uden direkte omkostninger for landmanden (rangeret i stigende orden efter reduktionspotentiale)	Virkemidler med klimaeffekt med direkte omkostninger for landmanden (rangeret i stigende orden efter omkostning)
Avl	Varmevekslere til fjerkræstalde
Skovrejsning	Udtagning af kulstofrige lavbundsjord
Produktionsgrundlag ændring - Gris	Klimaoptimeret gødningsanvendelse
Drænet fast gulv med gødningskraber og ajlefløb	Hyppig gylleudslusning
Klimaoptimeret foder og udvikling i produktivitet	Biochar - Pyrolyse
Produktionsgrundlag ændring - Kvæg	Biogas
Besluttede klimatiltag i landbrugsaftalen	Gødningsbånd
Økologi	Gyllekøling
Produktionsgrundlag ændring - mark	Linespilsanlæg
Kvælstofindsatser (målrettet regulering og kollektive virkemidler)	Foderadditiver til reduktion af enterisk metan
	Dyrkning af græs til græsprotein
	Effekt af forsuring gylletank, fakkelafløb og biologisk oxidering
	Gylleforsuring i stald - Gris
	Nitrifikationshæmmere
	Klimatiltag i EU's landbrugsreform CAP2027
	Fedt i foderet til reduktion af enterisk metan

De væsentligste omkostningsforudsætninger ved implementering af virkemidlerne på bedriften er beskrevet nedenfor.

11.1 Mark

Det samlede dyrkede areal udgør 2,438 mio. ha. Virkemidlerne kan i princippet tages i brug af bedrifter i alle driftsgrene, blot der er tilknyttet areal. Ved allokering af virkemidlerne til de enkelte driftsgrene anvendes fordelingsnøgle vist i tabel 11.2 for arealet i henhold til virkemidlernes relevans for de enkelte driftsgrene.

Tabel 11.2 Fordelingsnøgle ved allokering af virkemidler på driftsgrene

Virkemidler - Mark	Fordeling af areal			
	Planter	Kvæg	Grise	Andet
2020, %				
Arealfordeling	54	21	19	6
Udtagning af kulstofrige lavbundsjord	30	32	18	20
Skovrejsning	54	21	19	6
Nitrifikationshæmmere	54	21	19	6
Klimaoptimeret gødningsanvendelse	54	21	19	6
Biochar - Pyrolyse	25	39	30	6
Dyrkning af græs til græsprotein	90	4	4	2
Økologi	70	25	4	1

Ad 4.1 Udtagning af kulstofrige lavbundsjord

For udtagning af kulstofrige jorde er der lagt op til, at implementeringen primært betales gennem de ordninger, der er for udtag og vådlægning af arealerne. Det bemærkes dog, at dette ikke altid vil være tilfældet. I en

frivillig ordning betyder det i praksis, at landmænd, hvis arealer har større værdi, end de bliver tilbudt i en ordning, afslår at udtage arealer.

I nærværende rapport antages, at nogle af de landbrug, der ligger i områder med høj dyretæthed får et tab ved at skulle købe erstatningsjord, som er dyrere end det, der udtages. Alternativt skal landmændene forpagte jord eller lave aftaler om at afsætte husdyrgødningen. Der kan desuden opstå et tab af jordværdi ved udtagningen. Der er derfor usikkerhed om, hvorvidt landmanden kan blive fuldt kompenseret ved udtagning.

Jf. afsnit 4.1 er der stor usikkerhed forbundet med lavbundsJORDE som virkemiddel. Det skyldes blandt andet opgørelsestekniske udfordringer, det reelle emissionspotentiale, fosforlækage samt de gældende kompensations-satser, som i nogle tilfælde er utilstrækkelig i forhold til tab af indtjening og fald i jordværdi.

I Landbrugsaftalen er der afsat 923 mio. kr. til udtagning af lavbundsJORDE, 1.206 mio. kr. til ekstensivering af lavbundsJORDE samt 9 mio. kr. til en ekspertgruppe for lavbund. Desuden er der afsat 2.000 mio. kr. i merbevilling til udtagning af lavbunde.

Et forsigtigt overslag på omkostningen ved udtagning af kulstofrige jorde er en omkostning på 25-100 kr. pr. tons CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 50 til 258 mio. kr.

Ad 4.2 Skovrejsning

Til skovrejsning kan landmanden både søge om tilskud til selve skovrejsningen og grundbetaling på arealerne. Ligger arealerne udenfor vandoplande, hvor der er et indsatskrav, kan man opnå grundbetaling i op til fem år efter udbetaling af skovrejsningstilskuddet, mens der med nuværende regler ikke er tidsbegrænsning på muligheden for at søge om grundbetaling¹⁰³.

I rapporten indgår ingen omkostninger for landmændene til skovrejsning.

Ad 4.3 Nitrifikationshæmmere

Det koster aktuelt ca. 200 kr. pr. hektar at anvende nitrifikationshæmmere til reducere af lattergas inkl. udstyr til udbringning. Der er p.t. ikke handelsgødning coatet med nitrifikationshæmmere på markedet i Danmark. Det har der dog tidligere været, og det forventes at kunne blive genindført, hvis der er tilstrækkelig efterspørgsel.

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til nitrifikationshæmmere med et interval fra 800 til 1.200 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 460 til 690 mio. kr.

Ad 4.4 Klimaoptimeret gødningsanvendelse

Der er stor variation i lattergasemissionerne fra anvendelse af handelsgødning og husdyrgødning alt efter gødningstype, timing i forhold til vejrfaktorer (især regn) og den anvendte udbringningsteknik. Husdyrgødning er mest relevant i denne sammenhæng. Afhængig af hvilken klimavenlige praksis, der anvendes, vil der sandsynligvis være omkostninger forbundet med øget kapacitet på for eksempel gyllevogne, personaleressourcer og teknik, når gødningsanvendelsen skal optimeres i forhold til det aktuelle vejr. Merprisen for den forøgede kapacitet er dog meget vanskelig at estimere.

En del af omkostningerne forventes at kunne nedbringes gennem en ændret strategi. Den nuværende strategi er optimeret i forhold til kvælstofeffektivitet og udbytte – ikke i forhold til klimaaftryk. Klimagasreduktionen ser desuden ud til at være omvendt af ammoniak fordampning, og der skal derfor findes en balance og eventuelt udvikles strategier og teknikker, der optimerer på alle parametre.

¹⁰³ Grundbetaling til skovrejsning. 2021. Landbrugsstyrelsen

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til klimaoptimeret gødskning med et interval fra 0 til 200 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 0 til 100 mio. kr.

Ad 4.5 Biochar - pyrolyse

Som det fremgår af afsnit 4.5 ovenfor, er der usikkerhed om såvel den til rådighed værende mængde biomasse som konsekvenserne af en opskalering af pyrolyseteknologien.

Når det endvidere antages, at pyrolyse primært skal ske på fiberfraktionen fra biogasanlæggene, vil der være omkostninger forbundet med produktion af biochar, da den afgassede biomasse i fremtiden skal separeres, fortrinsvis ved brug af dekanter, da det giver størst tørstofindhold i fiberfraktionen.

Der er dog på nuværende tidspunkt usikkerhed om hvilket økonomisk setup, der bliver etableret på biochar. Der er blandt andet usikkerhed om tilskudsordninger, økonomien i selve biochar-anlægget samt hvilke muligheder der er for salg af certifikater og biobrændstof mv.

Hvis vi lægger til grund af biochar ikke har en jordforbedrende effekt, anslås udbringningsomkostninger at udgøre op til ca. 200 kr. pr. t. CO₂e. Der er endvidere en vis sandsynlighed for, at biochar bliver et salgsprodukt fra biogasanlæggene.

I rapporten anslås omkostninger for landmændene til biochar forsigtigt med et interval fra 0 til 300 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 0 til 378 mio. kr.

Ad 4.6 Øget kulstoflagring i jord

Der er ikke kalkuleret med specifikke tiltag for at øge kulstofindlejringen i jorden og dermed hverken effekten på emissionen af CO₂ fra mineraljord i 2030 eller økonomien forbundet herved.

Ad 4.7 Dyrkning af græs til græsprotein

Jævnført tidligere afsnit er dyrkning af græs til bioraffinering til proteinrigt foder fortsat under udvikling og optimering. Potentialet er relativt stort, og der forventes at være økonomiske synergieffekter i forhold til at anvende biomassen i biogasproduktion. Der forventes fortsat at være offentlig støtte til anlægsinvesteringerne. Det forudsættes, at landmænd kun indgår i dyrkning af græs til græsprotein, hvis økonomien er på niveau med fortsat dyrkning af korn.

I rapporten indgår ingen omkostninger for landmændene til dyrkning af græs til græsprotein.

Ad 4.8 Økologi

Det vurderes, at der som udgangspunkt ikke er meromkostninger for den enkelte landmand ved at omlægge til økologi. Det må forudsættes, at omlægning til økologi kun sker, hvis den enkelte landmand vurderer, at det ikke forringer bedriftens økonomi inkl. tilskud.

I rapporten indgår ingen omkostninger for landmændene ved omlægning til økologi.

11.2 Kvæg

Ad 5.1 Gylleforsuring i stald - Kvæg

Gylleforsuring er en kendt teknologi til ammoniakreduktion. Effekten er blevet korrigeret (ned) til 33 % på Miljøstyrelsens Teknologiliste. I den tidligere midlertidige optagelse på Teknologilisten var ammoniakreduktionen

fastsat til 50 %. Det er en relativ dyr teknologi, som koster ca. 1,5 mio. kr./procesanlæg. Det gør, at teknologien kun er relevant i større kvægstalde.

I rapporten medregnes gylleforsuring i kvægstalde ikke som virkemiddel, der kan blive relevant inden 2030.

Ad 5.2 Drænet fast gulv med gødningsskrabere

For at opnå den ønskede CO₂-effekt skal der foretages massive investeringer i nye stalde eller renovering af eksisterende frem mod 2030, hvor staldene ændres til fast drænet gulv med skraber og ajlefløb. Af hensyn til dyrevelfærd i kvægstalde med fast drænet gulv er anbefalingen, at der anvendes sand i sengebåsene. Problemet med sand i gyllen er dog, at gyllen ikke kan anvendes i biogasanlæg, medmindre der investeres i sandvaskere på ejendommene. Sandvaskere vil dog også medføre, at størstedelen af sandet kan genanvendes i staldene.

Effekten af dette virkemiddel medtages kun for de bedrifter, som kan forventes at blive bygget frem mod 2030.

Fast drænet gulv er oprindeligt et miljøtiltag, som dog også har en afledt CO₂e-reducerende effekt. Omkostningerne afholdes således i anden sammenhæng end i bestræbelserne på at reducere klimaaftrykket. Kun hvis virkemidlet som primært formål havde at reducere klimaaftrykket, ville omkostningerne skulle have været medregnet.

I rapporten indgår derfor ingen omkostninger for landmændene til fast drænet gulv.

Ad 5.3 Foderadditiver til reduktion af enterisk metan

I forhold til virkemidler i form af tilsætning til kvægfoder kendes prisen aktuelt ikke. Et usikkert skøn for prisen på Bovaer® indikerer dog ca. 2,75 kr./ko/dag eller ca. 900 kr./årsko. Med disse forudsætninger medfører det en omkostning på 718 kr. pr. reduceret ton CO₂e med Bovaer®.

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til foderadditiver til reduktion af enterisk metan med et interval fra 500 til 800 kr. pr. tons reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 360 til 768 mio. kr.

Ad 5.4 Fedt i foderet til reduktion af enterisk metan

For at øge andelen af fedt i foderet anvendes primært raps- og palmefedt. Anvendelsen af raps er forbundet med flere forudsætninger, da det både påvirker foderoptagelse, mælkemængden, mælkenes sammensætning, fodereffektivitet og metanproduktion alt afhængig af andelen af raps i foderrationen. Hos økologiske malkekøer er der substitution af palmefedt med rapsfedt.

Prisen på konventionelle og økologiske rapsfrø antages at ligge på hhv. 4,00 og 7,00 kr./kg rapsfrø. Dertil kommer 0,20 kr./kg til valsning/formaling. Nyeste dosis-respons-forsøg med rapsfrø viser et tab på ca. 1,0 kg EKM, når doseringen af rapsfrø øges fra ca. 35 til 50 gram fedtsyrer¹⁰⁴. Der regnes derfor med et dagligt tab i mælkeindtægt på 3,00 kr./ko og en daglig øget foderomkostning på 1,50 kr./ko. Det vil sige 1.462 kr./konventionel årsko for at reducere 0,25 ton CO₂e og således 5.848 kr./ton CO₂e-reduktion. Samlet set vil rapsfedt kunne reducere 122.500 ton CO₂e (0,25 ton/årsko*490.000) hos konventionelle køer og 9.375 ton CO₂e (0,25/2*75.000) hos økologiske malkekøer. Alt i alt ca. 0,13 mio. ton CO₂e fra køer i Danmark på baggrund af antallet af køer i 2020.

¹⁰⁴ Giagnoni m.fl. 2022. Effect of rapeseed and palm kernel oil dietary inclusion levels in milk production, feed efficiency, methane and economy. Fodringsdagen 2022.

Denne effekt reduceres dog af to forhold. For det første er en øget andel af fedt i foderet aktuelt kun relevant at anvende om vinteren for økologer. De konventionelle mælkeproducenter anvender i stedet foderadditiver, der som klimavirkemiddel er mere effektivt end øget andel af fedt i foderet. Således viser afprøvninger, at kombinationen af foderadditiver og øget andel af fedt i foderet kun giver effekt af førstnævnte. For det andet kan økologerne ikke anvende foderadditiver, og effekten af sommerfodring og øget andel af fedt i foderet er endnu ukendt. Derfor medregnes i denne rapport kun et reduktionspotentiale på 0,009 ton CO_{2e}.

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til øget andel af fedt i foderet til reduktion af enterisk metan med et interval fra 1.500 til 2.000 kr. pr. ton reduceret CO_{2e}, hvilket svarer til en samlet omkostning på 14 til 18 mio. kr.

Ad 5.5 Avl

Det er muligt at reducere foderforbruget til mælkeproduktion yderligere ved at få en højere sikkerhed på avlsværdital for stofskifteeffektivitet. Det vil kræve en betydelig stigning i antallet af køer med registreringer af foderoptagelse. Det kan opnås ved at opstille CFIT-anlæg i mange flere besætninger. Med højere sikkerhed på indeks for stofskifteeffektivitet ville reduktionen i foderoptagelse efter seks års avlsarbejde være 30 kg tørstof/laktation. Med godt 505.000 årskøer i Danmark ville det betyde, at foderoptagelsen med konstant produktionsniveau ville blive reduceret med 15,2 mio. kg TS/år, hvilket svarer til en reduktion i metanudledningen på 9,3 CO_{2e}/år.

Det vurderes, at opsætning i CFIT-udstyr i yderligere 25 besætninger vil øge datagrundlaget for avlsværditallet for stofskifteeffektivitet betydeligt efter en 5-års periode. Der er ikke en officiel indkøbspris på dette udstyr, men skønsmæssigt vil omkostningen udgøre ca. 1,5 mio. kr. for et gennemsnitsanlæg. Det betyder, at den totale investering vil være på omkring 35-40 mio. kr.

I rapporten indgår der ingen omkostninger for landmændene til avl.

Ad 5.6 Opfangning og reduktion af metan i kvægstalde

Klimaaftrykket reduceres ved at opsamle luft fra stalde i en sådan koncentration, at det er muligt at omdanne metanen til CO₂. Det er dog endnu et virkemiddel under udvikling og derfor vanskeligt at vurdere omkostningen. Der må dog forventes en ekstra udgift til etablering af selve metanhuset på bedrifterne og ikke mindst til udvikling af teknologien, der skal omdanne metanen. Der vil derfor både være omkostninger forbundet med udvikling af teknologien samt til både etablering og drift, for eksempel elforbrug til ventilation i metanhuset samt en eventuel luftrensning eller tilkobling til et biogasanlæg.

I rapporten indgår der hverken reduktionspotentiale eller omkostninger for landmændene til opfangning og reduktion af metan i kvægstalde.

11.3 Grise

Ad 6.1 Gylleforsuring i stald - Gris

Anlægget til staldforsuring i en grisestald er estimeret til en investering på 2,1 mio. kr. ved en staldstørrelse på 8.000 stipladser til slagtegrise¹⁰⁵. Startomkostningen er estimeret til 1,7 mio. kr., og der tillægges 77 kr. pr. m² gyllekummeareal. Teknologien kan jf. leverandøren eftermonteres i de fleste stalde med vacuum rørudslusning.

¹⁰⁵ Callesen, M.G. & Jacobsen, B.H. 2022. Omkostninger ved svovlforsuring på svinebedrifter. IFRO Dokumentation Nr. 12.

Der er målt et gennemsnitligt el-forbrug på 1,5 kWh pr. produceret slagtegris i afprøvningerne^{106 107}. Svovlsyrens pris har længe ligget på 0,9-1,1 kr./kg, men aktuelt er prisen steget til 1,5 kr. pr. kg leveret med tankvogn.

I lageret er der ikke krav til flydelag eller overdækning, når gyllen er staldforsuret. 0,55-1,0 kg CaCO₃/kg svovlsyre svarer til 3-7 kg ekstra CaCO₃ tilførsel til marken pr. produceret gris. Et øget kvælstofindhold i gyllen på grund af den mindre fordampning fra stald og lager samt mindre fordampning i forbindelse med udbringning vil bidrage med 0,4-0,5 kg ekstra kvælstof pr. produceret slagtegris. Værdien af det ekstra kvælstof vil svare til 3-5 kr. pr. produceret gris.

Gylle forsuret med svovlsyre vil have et højt indhold af svovl, som ved fuldgødsning vil ligge 3-4 gange højere end afgrødernes behov. Der er derfor ikke behov for tilførsel af svovl, hvilket har en værdi på 75-150 kr./ha eller 1,3-2,6 kr./produceret slagtegris.

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til gylleforsuring med et interval fra 306 til 1.135 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 5 til 24 mio. kr.

Ad 6.2 Hyppig gylleudslusning

I eksisterende slagtegrise-stalde vil hyppig gylleudslusning betyde en merudgift i form af ekstra arbejde i forbindelse med, at gyllepropperne skal løftes én gang pr. uge. Denne udgift er omdiskuteret, men vil sandsynligvis betyde 1-3 kr. pr. produceret slagtegris. I nye stalde og evt. enkelte eksisterende stalde vil der blive monteret et automatisk spjæld med logning af tidspunkter for udslusning. I den nye lovgivning vil dette være et krav, når stalden er over en given størrelse.

Et priseksempel i en slagtegrise-stald med 12 sektioner og 12 automatiske elektriske spjæld er 240.000 kr. I denne pris er inkluderet automatisk styring og logning af tidspunkt samt automatisk overpumpning til gyllebeholder. Med et sådant anlæg spares arbejdsforbruget til manuelle løft af gyllepropper ved traditionel udslusning, hvilket skal modregnes omkostningen. Der arbejdes på at udvikle teknologi i eksisterende stalde til automatisk løft af gyllepropper under spalterne, som aktiveres pneumatisk. Test af løsningerne er i gang, men en konkret pris på anlægget kendes ikke endnu.

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til hyppig gylleudslusning med et interval fra 200 til 250 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 30 til 38 mio. kr.

Ad 6.3 Linespilsanlæg

I drægtighedsstalder vurderes der ikke at være væsentlige meromkostninger ved at installere linespilsanlæg frem for rørudslusning. Årsagen er, at løbe-/drægtighedsstalder er store staldrum, hvor der typisk monteres et eller to linespilsanlæg. Hertil skal lægges omkostningen ved opbygningen af tværkanalen, men modregnet omkostningen til rørudslusningssystemet samt krav til automatisk logning af hyppig udslusning når der anvendes rørudslusning.

I slagtegrise-stalde er meromkostningen ved linespil beregnet til at udgøre 1-8 kr./produceret slagtegris¹⁰⁸. Omkostningen vil afhænge af størrelsen på sektionen. Den laveste omkostning er beregnet for en stald med ca. 1.000 stipladser pr. sektion, mens den højeste omkostning er beregnet for en stald med ca. 330 stipladser pr. sektion.

¹⁰⁶ Rijs, A.L. 2016. Effekt af JH Forsuring NH₄⁺ i slagtesvinestalde med drænet gulv. Meddelelse nr. 1078, Videncenter for Svineproduktion.

¹⁰⁷ Holm, M. & Jonassen, K. 2018. JH Smellfighters effekt på lugt i to slagtesvinestalde. Meddelelse nr. 1132, SEGES Svineproduktion.

¹⁰⁸ Christiansen, M.G. 2022. Økonomi i linespilsanlæg til slagtegrise. Magasinet Gris, Byggeri special, s. 52-53.

Farestalde er arealmæssigt forholdsvis små sektioner, og merinvesteringen til linespilsanlæg vil derfor ud fra ovenstående beregning på slagtegrisestalde ligge på en investering på 2.000-3.000 kr./faresti, hvilket svarer til en omkostning på 50-75 kr./årsso i besætningen.

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til linespilsanlæg med et interval fra 380 til 940 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 26 til 65 mio. kr.

Ad 6.4 Gyllekøling

I so- og smågrisestalde vil der ikke være en meromkostning pr. dyr ved at installere gyllekølingsanlæg, da anlægget vil forsyne stalden med varme. Denne varme erstatter et evt. oliefyr, og nok er investeringen i gyllekølingsanlægget større end til et oliefyr, men prisen for 1 kWh varme er en del billigere ved at bruge el til varmepumpe frem for olie til oliefyr. Samtidig er CO₂-emissionen ved el-forbruget til varmepumpen kun ca. 40 % af CO₂-emissionen ved anvendelse af olie.

Det er sjældent, at so- og smågrisestalde anvender udekøler til varmepumpe. I slagtegrisestalde vil gyllekølingsanlæg være forbundet med en meromkostning. Årsagen er, at der ikke er et stort varmebehov i stalden, og det derfor ofte vil være nødvendigt at "heatdumpe" varme i en udvendig kalorifere, hvilket afhænger af miljøkravet til gyllekøling.

I rapporten indgår omkostninger til gyllekøling med gennemsnitligt 570 kr. pr. ton reduceret CO₂e for hele grisesektoren, hvilket svarer til en samlet omkostning på 12 til 15 mio. kr. Der er dog stor forskel mellem smågrise og slagtegrise, jf. ovenfor. Opdelt på smågrise og slagtegrise varierer omkostningen fra hhv. 0 til 3.000 kr. pr. ton reduceret CO₂e.

Ad 6.5 Klimaoptimeret foder og udvikling i produktiviteten

Klimaeffekten udgøres hovedsageligt af forbedret fodereffektivitet, som opnås gennem avlsarbejdet og ved at følge "best practice". Implementering af disse tiltag er en proces, der er drevet af den økonomiske gevinst, som disse handlinger medfører.

I rapporten indgår derfor ingen omkostninger for landmændene til klimaoptimeret foder og udvikling i produktivitet.

Ad 6.6 Synergi, hyppig udslusning/linespil og biogas/lagerbehandling

Grisestalde med en kort opholdstid af gylle i stalden som følge af hyppig udslusning eller linespil i kombination med biogas eller anden lagerbehandling har en større klimaeffekt, end virkemidlerne der er anvendt hver for sig. Det medfører ikke yderligere omkostninger for landmændene at opnå synergieffekten, da omkostninger er afholdt i de respektive virkemidler.

I rapporten indgår derfor ingen omkostninger for landmændene i forbindelse med at opnå synergi ved hyppig udslusning/linespil og biogas.

11.4 Lagerbehandling – Kvæg og Gris

Ad 7.1 Biogas

For at kunne afsætte gylle og dybstrøelse til et biogasanlæg, skal det undersøges, om der er et biogasanlæg i nærheden, og om de har ledig kapacitet. Det er ikke alle biogasanlæg, der har de tekniske installationer til at håndtere dybstrøelse. Derudover er der flere af biogasanlæggene, der ikke modtager husdyrgødning fra bedrifter med sand i sengebåsene, medmindre der er installeret en sandvasker, og typisk ønsker

biogasanlæggene ikke at modtage forsuret gylle. Derudover skal der være tilkørselsforhold samt en fortank, hvorfra gylle kan hentes.

Tunge gylletrailere til transport af gylle og afgasset biomasse vil medføre slid på tilkørselsvejene hos landmændene, og vil dermed øge vedligeholdelsesomkostningerne. Øgede omkostninger kan eventuelt også ses ved udbringning af biochar på landbrugsjorden. Hvordan denne udbringning bedst skal ske i praksis, undersøges stadig, hvorfor omkostningerne forbundet med denne post ikke umiddelbart kan kvantificeres.

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til biogas med et interval fra 200 til 300 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 24 til 36 mio. kr.

Ad 7.2 Forsuring af gylletanke

Forudsætning for omkostningsberegningen ved forsuring i gylletanke er et arbejdsforbrug på to dage for maskinstationen og en syrepris på 2 kr./kg svovlsyre. Ved for eksempel to gylletanke á 2.500 m³ skal der anvendes 10-15 ton svovlsyre. Samlet omkostning svarer til ca. 40.000-50.000 kr. for lavdosisforsuring af 5.000 m³ gylle svarende til 8-10 kr./m³ gylle.

Det forventes, at en stor andel af gylletankene vil være teltoverdækkede i 2030. Aktuelt estimeres det, at 10-15 % af kvæggylletankene og 25-30 % af grisegylletankene er overdækkede. Der gives pt. tilskud til teltoverdækninger, hvilket sparer lagerkapacitet og reducerer omkostningen til udbringning. I nedenstående afsnit om fakkelafløb og biologisk oxidering af metan vil det være en forudsætning at gylletankene er teltoverdækkede.

Ad 7.3 Fakkelafløb af metan fra gylletank

Der er usikkerhed om omkostningen ved anskaffelse og etablering af et anlæg til fakkelafløb. Forudsætningerne for omkostningsberegningen er, at landmanden skal investere i tætning af teltoverdækning, sugeslange, H₂S-filter, pumpe, brænder, støttegas og styring, som anslås til at koste ca. 400.000 kr. Der må forventes en kort afskrivningstid på pumpen, da gassammensætningen under teltoverdækningen vil være meget aggressiv pga. blandt andet svovlbrinte og høj luftfugtighed i luften. Endvidere skal H₂S-filteret vedligeholdes, og der skal evt. indkøbes støttegas.

Samlet omkostning svarer til ca. 50.000 kr./år, hvilket til et anlæg til 5.000 m³ gylle svarer til en omkostning på 10 kr./m³ gylle. Det svarer til 850-890 kr./ton CO₂e ved anvendelse af DCE emissionsfaktoren, mens det svarer til henholdsvis 720 kr. for kvæggylle og 295 kr./ton CO₂e fra grisegylle, hvis emissionsfaktorerne i Aarhus Universitets udkast til virkemiddelkatalog anvendes.

Ad 7.4 Biologisk oxidering af metan fra gyllebeholder

Der kan endnu ikke godtgøres for omkostningen i forbindelse med kompostfilter, da der endnu resterer et udviklingsbehov. Der er derfor opstillet følgende forudsætninger for omkostningsberegningen. Der skal investeres i tætning af teltoverdækning, sugeslange, pumpe og kompostfilter, som anslås til 400.000-500.000 kr. Der må forventes en kort afskrivningstid på pumpen, da gassammensætningen under teltoverdækningen vil være meget aggressiv, på grund af blandt andet svovlbrinte og høj luftfugtighed. Samlet omkostning svarer dermed til ca. 45.000-55.000 kr./år, hvilket til et anlæg til 5.000 m³ gylle medfører en omkostning på 9-11 kr./m³ gylle. Det svarer til 730-850 kr./ton CO₂e ved brug af emissionsfaktorerne fra den nationale opgørelse fra DCE, mens det svarer til henholdsvis 590 kr. for kvæggylle og 300 kr./ton CO₂e fra grisegylle, hvis emissionsfaktorerne i Aarhus Universitet-udkast til virkemiddelkatalog anvendes.

I rapporten indgår effekten og anslåede omkostninger for landmændene til alternativerne forsuring af gylletanke, fakkelafløb af metan fra gylletanke samt biologisk oxidering af metan fra gyllebeholder med et interval fra 750 til 850 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en gennemsnitlig omkostning på 59 til 89 mio. kr. for de tre virkemidler.

11.5 Fjerkræ

Ad 8.1 Etablering af gødningsbånd

Ved etablering af gødningsbånd i fjerkræstalde vil det pålægge landmanden en ekstra udgift til gødningsbånd på ca. 75.000 kr./stald, hvis der allerede findes etagesystem.

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til etablering af gødningsbånd med et interval fra 400 til 500 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på 2 til 3 mio. kr.

Ad 8.2 Varmevekslere til fjerkræstalde

Udgiften til installation af varmeveksler forventes at være ca. 500.000 kr./stald af 10.000 høner.

I rapporten indgår omkostninger for landmændene til installation af varmevekslere i fjerkræstalde med et interval fra nul til 100 kr. pr. ton reduceret CO₂e, hvilket svarer til en samlet omkostning på nul til 3 mio. kr.

Kvælstofindsatser, landbrugsaftalen og EU's landbrugsreform CAP2027

Der er indregnet effekten af tidligere vedtagne reformer, henholdsvis kvælstofindsatser fra vandområdeplaner samt diverse initiativer i landbrugsaftalen og EU's nugældende landbrugsreform CAP2027. Effekterne herfra følger myndighedernes beregninger og egne beregninger af de kvantificerbare elementer i reformerne¹⁰⁹.

¹⁰⁹ Kaiser, K. et al. 2021, Regeringsoplæggets konsekvenser for landbruget, SEGES.

11.6 Reduktionspotentiale og omkostninger for landmanden

Tabel 11.3 viser totaloversigten over virkemidler, deres reduktionspotentiale samt årlige omkostninger i alt og de enkelte virkemidlers årlige omkostning pr. tons reduceret CO₂.

Tabel 11.3 Samlet reduktionspotentiale og årlige omkostninger fordelt på virkemidler

Virkemiddel	Implementering, udviklingssporet og yderligere udvikling, mio. ton CO ₂ e		Omkostninger i alt, mio. kr.		Omkostninger, kr. pr. ton CO ₂ e	
	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre
Klimavirkemidler mark						
4.1 Udtagning af kulstofrige lavbundsjorder	1,990	2,580	50	258	0	50
4.2 Skovrejsning	0,050	0,050	0	0	0	0
4.3 Nitrifikationshæmmere	0,575	0,575	460	690	800	1.200
4.4 Klimaoptimeret gødningsanvendelse	0,400	0,500	0	100	0	200
4.5 Biochar - Pyrolyse	0	1,260	0	378	0	300
4.7 Dyrkning af græsprotein	0,075	0,150	0	0	0	0
4.8 Økologi	0,181	0,500	0	0	0	0
Klimavirkemidler kvæg						
5.2 Drænet fast gulv med gødningskrabere	0,050	0,060	0	0	0	0
5.3 Foderadditiver til reduktion af enterisk metan	0,720	0,960	360	768	500	800
5.4 Fedt i foderet til reduktion af enterisk metan	0,009	0,009	14	18	1.500	2.000
5.5 Avl	0,003	0,008	0	0	0	0
Klimavirkemidler – Gris						
6.1 Gylleforsuring i stald – Gris*	0,015	0,020	5	23	306	1.135
6.2 Hyppig gylleudslusning	0,100	0,105	20	26	200	250
6.3 Linespilsanlæg	0,065	0,070	26	65	380	940
6.4 Gyllekøling**	0,013	0,015	7	9	570	570
6.5 Klimaoptimeret foder og udvikling i produktivitet	0,054	0,054	0	0	0	0
6.6 Synergi, hyppig udslusning/linespil og lagerbehandling	0,060	0,070	0	0	0	0
Lagerbehandling – Kvæg og Gris						
7.1 Biogas	0,095	0,100	19	30	200	300
7.2 Forsuring gylletanke	0,165	0,170	124	145	750	850
7.3 Fakkelaftbrænding af metan fra gylletank	0,135	0,140	101	119	750	850
7.4 Biologisk oxidering af metan fra gyllebeholdere	0,145	0,150	109	128	750	850
Effekt af ikke additive virkemidler 7.2, 7.3 og 7.4	0,165	0,180	124	153	750	850
Klimavirkemidler – Fjerkræ						
8.1 Gødningsbånd	0,005	0,005	2	3	400	500
8.2 Varmevekslere til fjerkræstalde	0,028	0,028	0	3	0	100
Produktionsgrundlagsændringer frem til 2030						
9.1 Mark	0,630	0,630	0	0	0	0
9.2 Kvæg	0,127	0,127	0	0	0	0
9.3 Gris	0,051	0,051	0	0	0	0
SEGES Innovation beregninger i alt	5,461	8,107	1.086	2.523		
Landbrugsaftale øvrige elementer						
Kvælstofindsatser	0,640	0,640	0	0	0	0
Besluttede tiltag i landbrugsaftalen – øvrige tiltag	0,200	0,200	0	0	0	0
I alt implementeringsporet, ekskl. CAP	6,301	8,947	1.086	2.523		
EU's landbrugsreform CAP2027	0,380	0,380	463	463	1.200	1.200
I alt implementerings- og udviklingsspor, inkl. CAP	6,681	9,327	1.549	2.986		

* Anslået af Klimarådet. ** Forskel på søer og slagtegrise, jf. afsnit 11.3 underpunkt 6.4

Note: I forhold til Tabel 10.1 er der kun medtaget de virkemidler, som har en CO₂-reducerende effekt. Desuden er virkemidlerne fra etablerings- og udviklingssporet samt yderligere udvikling samlet.

Der er relativ stor usikkerhed forbundet med både virkemidlernes reduktionspotentiale og med omkostningerne ved flere af virkemidlerne. Der anvendes derfor forholdsvis brede intervaller for såvel reduktionspotentiale som de tilknyttede omkostninger.

I Tabel 11.4-11.6 vises de virkemidler, som driftsgrenene har til rådighed samt deres andel af de enkelte virkemidlers potentiale og årlige omkostninger for de af virkemidlerne, der tages i brug. Hvis alle virkemidler benyttes fuldt ud, ses det eksempelvis, at omkostningen for planteavl ligger i intervallet 398-733 mio. kr. pr. år.

Tabel 11.4 Samlet reduktionspotentiale og årlige omkostninger fordelt på virkemidler - Planteavlere

Virkemiddel	Implementering, udviklingssporet og yderligere udvikling, mio. ton CO ₂ e		Omkostninger i alt, mio. kr.		Omkostninger, kr. pr. ton CO ₂ e	
	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre
Planter						
Skovrejsning	0,027	0,027	0	0	0	0
Dyrkning af græsprotein	0,068	0,135	0	0	0	0
Besluttede tiltag i landbrugsaftalen – øvrige tiltag	0,108	0,108	0	0	0	0
Økologi	0,127	0,350	0	0	0	0
Kvælstofindsatser	0,346	0,346	0	0	0	0
Produktionsgrundlagsændringer frem til 2030	0,630	0,630	0	0	0	0
Udtagning af kulstofrige lavbundsjord	0,597	0,774	15	77	25	100
Klimaoptimeret gødningsanvendelse	0,216	0,270	0	54	0	200
Biochar - Pyrolyse	0	0,315	0	95	0	300
Nitrifikationshæmmere	0,311	0,311	248	373	800	1.200
EU's landbrugsreform CAP2027	0,110	0,110	134	134	1.200	1.200
Planter i alt	2,539	3,375	398	733		

Tabel 11.5 Samlet reduktionspotentiale og årlige omkostninger fordelt på virkemidler - Kvæg

Virkemiddel	Implementering, udviklingssporet og yderligere udvikling, mio. ton CO ₂ e		Omkostninger i alt, mio. kr.		Omkostninger, kr. pr. ton CO ₂ e	
	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre
Kvæg						
Dyrkning af græsprotein	0,003	0,006	0	0	0	0
Avl	0,003	0,008	0	0	0	0
Skovrejsning	0,011	0,011	0	0	0	0
Besluttede tiltag i landbrugsaftalen – øvrige tiltag	0,042	0,042	0	0	0	0
Drænet fast gulv med gødningsskrabere	0,050	0,060	0	0	0	0
Økologi	0,045	0,125	0	0	0	0
Produktionsgrundlagsændringer frem til 2030	0,127	0,127	0	0	0	0
Kvælstofindsatser	0,134	0,134	0	0	0	0
Udtagning af kulstofrige lavbundsjord	0,637	0,826	16	83	25	100
Klimaoptimeret gødningsanvendelse	0,084	0,105	0	21	0	200
Biochar - Pyrolyse	0	0,441	0	132	0	300
Biogas	0,065	0,068	13	20	200	300
Foderadditiver til reduktion af enterisk metan	0,720	0,960	360	768	500	800
Effekt af ikke additive virkemidler 7.2, 7.3 og 7.4	0,054	0,059	41	50	750	850
Nitrifikationshæmmere	0,121	0,121	97	145	800	1.200
EU's landbrugsreform CAP2027	0,205	0,205	250	250	1.200	1.200
Fedt i foderet til reduktion af enterisk metan	0,009	0,009	14	18	1.500	2.000
Kvæg i alt	2,539	3,375	790	1.488		

Tabel 11.6 Samlet reduktionspotentiale og årlige omkostninger fordelt på virkemidler - Grise

Virkemiddel	Implementering, udviklingssporet og yderligere udvikling, mio. ton CO ₂ e		Omkostninger i alt, mio. kr.		Omkostninger, kr. pr. ton CO ₂ e	
	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre
Grise						
Dyrkning af græsprotein	0,003	0,006	0	0	0	0
Skovrejsning	0,010	0,010	0	0	0	0
Økologi	0,007	0,020	0	0	0	0
Synergi, hyppig gylludslusning/linespil og lagerbehandling	0,060	0,070	0	0	0	0
Besluttede tiltag i landbrugsaftalen – øvrige tiltag	0,038	0,038	0	0	0	0
Produktionsgrundlagsændringer frem til 2030	0,051	0,051	0	0	0	0
Klimaoptimeret foder og udvikling i produktivitet	0,054	0,054	0	0	0	0
Kvælstofindsatser	0,122	0,122	0	0	0	0
Udtagning af kulstofrige lavbundsjord	0,358	0,464	9	46	25	100
Klimaoptimeret gødningsanvendelse	0,076	0,095	0	19	0	200
Hyppig gylleudslusning	0,100	0,105	20	26	200	250
Biochar – Pyrolyse	0	0,428	0	129	0	300
Biogas	0,030	0,032	6	10	200	300
Gyllekøling**	0,013	0,015	7	9	570	570
Effekt af ikke additive virkemidler (7.2, 7.3 og 7.4)	0,111	0,121	83	103	750	850
Linespilsanlæg	0,065	0,070	26	65	380	940
Gylleforsuring i stald – Gris	0,015	0,020	5	23	306	1.135
Nitrifikationshæmmere	0,109	0,109	87	131	800	1.200
EU's landbrugsreform CAP2027	0,038	0,038	46	46	1.200	1.200
Grise i alt	1,26	1,868	290	560		

**Forskel på søer og slagtegrise, jf. afsnit 11.3 underpunkt 6.4

Af Tabel 11.7 fremgår det summerede reduktionspotentiale i forhold til landbrugets samlede udledning samt reduktionspotentialet for de enkelte driftsgrene i forhold til driftsgrenenes udledning.

Beregningerne viser, at den overordnede målsætning for landbrugets reduktion af CO₂e på 7,4 mio. tons ligger inden for intervallet af det opnåelige med de virkemidler, der forventes at være til rådighed frem mod 2030, idet reduktionspotentialet ligger i intervallet 6,68 og 9,33 mio. ton CO₂e. Det svarer til et reduktionspotentiale på henholdsvis 90,8 og 126,2 % af reduktionsmålsætningen på 7,4 mio. ton CO₂e.

Set i forhold til reduktionsmålsætningen i procent af den samlede udledning i 2020 på 14,1 mio. ton CO₂e svarer de 7,4 mio. ton til ca. 52,5 %. Denne målsætning ligger tilsvarende inden for reduktionspotentialet, der kan beregnes til et interval på 47,5 og 66,3 % af den samlede udledning.

Tabel 11.7 Reduktionsbehov og reduktionspotentiale

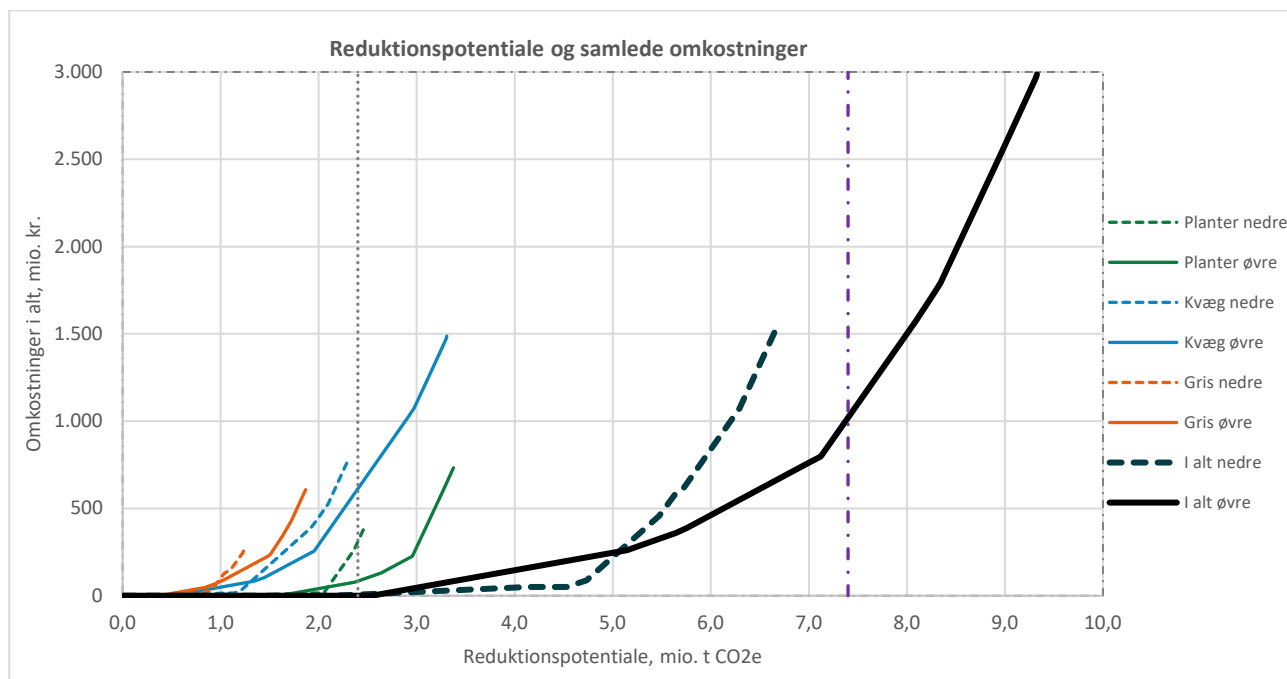
	Fordeling af reduktion							
	Alle		Planter		Kvæg		Grise	
Udledning i 2020, mio. ton CO ₂ e	14,06		3,68		6,79		2,85	
Reduktionsbehov, mio. ton CO ₂ e	7,40							
	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre
Reduktionspotentiale via tiltag, mio. ton CO ₂ e	6,68	9,33	2,54	3,31	2,31	3,31	1,26	1,87
Reduktion i forhold til udledning, %	47,5	66,3	69,0	91,7	34,0	48,7	44,2	65,5

I Figur 11.1 illustreres landmændenes samlede årlige omkostninger ved anvendelse af klimavirkemidlerne samt virkemidlernes reduktionspotentiale. Heraf fremgår det blandt andet, hvilke omkostninger der er forbundet med at nå et givent reduktionsmål.

Heraf fremgår det, at en reduktion på op til ca. 2,5 mio. ton CO₂e ikke er forbundet med omkostninger. Det skyldes, som gennemgået ovenfor, at en stor del af reduktionen opnås gennem et ændret produktionsgrundlag, forventet støtte/tilskud, løbende effektiviseringer og produktivitetsudvikling.

Herefter bliver intervallet for både reduktionspotentiale og omkostningerne relativt bredt, hvilket afspejler den store usikkerhed forbundet med anvendelse af virkemidlerne samt de dertil knyttede omkostninger. Eksempelvis vil det samlet set koste landmændene mellem ca. 0,5 og 0,8 mia. kr. årligt at opnå en reduktion på 6 mio. ton reduceret CO₂e.

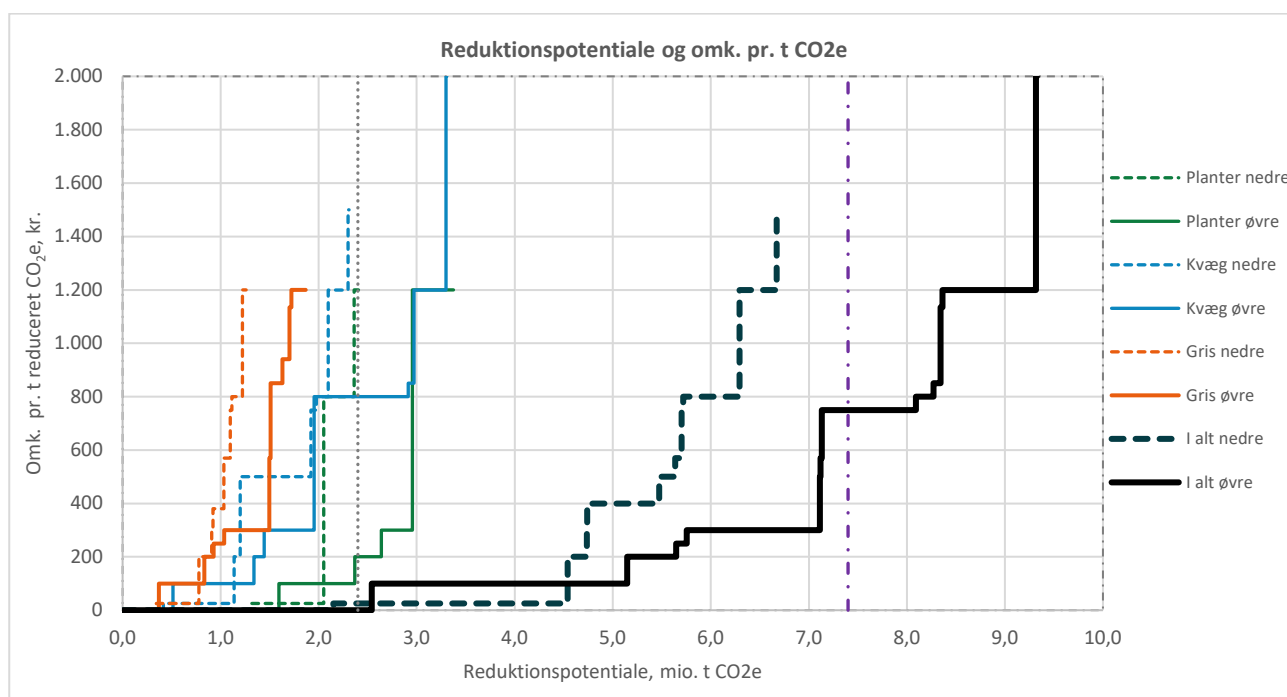
På tilsvarende vis kan der foretages en vurdering af de enkelte driftsgrenes potentiale og omkostninger, både absolut og relativt til hinanden. Grisesektorens virkemidler synes forholdsvis begrænsede, men til gengæld er omkostningen lav. Modsat har plantesektoren et stort potentiale til lidt højere omkostninger. Kvægsektorens potentiale er middelstort, men med relativt høje omkostninger.



Figur 11.1 Reduktionspotentiale og samlede årlige omkostninger for plante-, grise- og mælkeproducenter samt alle landbrug

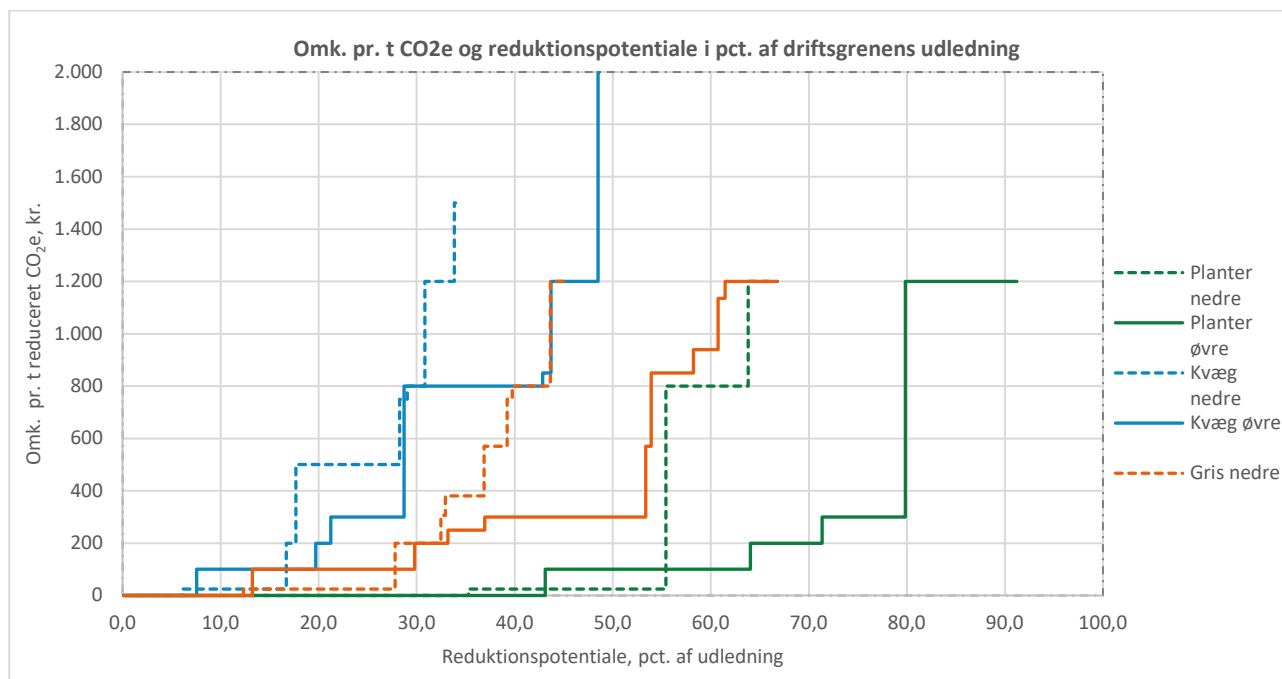
Figur 11.2 viser reduktionspotentialet holdt op imod omkostningerne pr. tons reduceret CO₂. Det fremgår blandt andet hvilke omkostningsniveauer, der bliver aktiveret med de enkelte virkemidler for at opnå et givent reduktionsmål. For eksempel vil et reduktionsmål på 5 mio. ton CO₂e skulle bringe virkemidler i brug, hvor omkostningen ligger mellem 100 og 400 kr. pr. ton reduceret CO₂e.

Af figuren fremgår tillige omkostningerne for de enkelte driftsgrene ved deres respektive reduktionspotentiale. Eksempelvis vil et reduktionsmål på 1,5 mio. ton i kvægsektoren skulle bringe virkemidler i brug, hvor omkostningen ligger mellem 300 og 500 kr. pr. ton reduceret CO₂e.



Figur 11.2 Reduktionsomkostningskurve for plante-, grise- og mælkeproducenter samt alle landbrug

Figur 11.3 viser hvor stor en andel af driftsgrenens egen udledning, den er i stand til at reducere, holdt op imod omkostningerne der er forbundet med anvendelse af virkemidlerne.



Figur 11.3 Reduktionsomkostningskurve for plante-, grise- og mælkeproducenter i pct. af driftsgrenens udledning

Som det ses, er planteavlerne tættest på at kunne neutralisere CO₂-udledningen fra deres egen sektor med en opfyldningsgrad på ca. 91,7 % på den øvre intervalgrænse. Den sidste del af reduktionen er dog forbundet med relativt høje omkostninger.

Griseproducenterne er i stand til at reducere godt halvdelen af CO₂-udledningen fra grisesektoren. Også her er de sidste reduktionsomkostninger høje.

Kvægsektoren synes at kunne reducere 34-49 % af egen udledning. Omkostningerne bliver relativt høje, når reduktionen overstiger en fjerdedel af egen udledning.

Gennemgående synes plantesektoren at være i stand til at overopfylde reduktionskravene, mens behovet for at udvikle og effektivisere virkemidler samt reducere omkostningerne på virkemidler er størst i kvægsektoren, hvis målsætningen for CO₂-udledningen skal honoreres senest i 2030.

12. Anbefaling til udviklings- og innovationsbehov frem mod 2030

En lang række af de beskrevne virkemidler er allerede i gang med at blive udviklet, og mange er allerede implementeret på landbrugsbedrifterne i forskelligt omfang. Der er dog stadig et massivt behov for at investere yderligere i forskning, udvikling og innovation for at kunne opnå den fulde mitigerende effekt af virkemidlerne i 2030, idet de skal tage højde for varierende forhold i praksis. Dertil kommer, at der stadig er en lang række virkemidler, der er tidligt i udviklingsstadiet og stadig mangler substantiel investering i test og dokumentering før, at de kan implementeres i praksis.

Dertil kommer, at der yderligere er et behov for forskning og innovation i forhold til at udvikle incitamentsmodeller og strukturer i hele værdikæden.

12.1 Mark

Der er behov for mere detaljeret viden om emissionerne fra tørvejorde med 6-12 % OC samt effekten af vandstand. Derudover er der behov for en opdateret kortlægning af de kulstofrige jorde. Denne bør også inddrage grundvandsstand sådan, at emissionerne kan estimeres mere præcist. Ligeledes bør der arbejdes på at finde løsninger på eventuelle fosforlækager for at muliggøre udtagning og vådlægning af så stort et areal som muligt. Der er igangsat forskningsaktiviteter på området, men hvis der skal implementeres i fuldt niveau, skønnes det, at der skal bruges ca. 18-22 mio. kr. om året til yderligere forskning frem mod 2030.

Inden for skovrejsning kan det allerede nu dokumenteres, at effekten afhænger af flere forhold, herunder hvilke træarter, der etableres på arealerne¹¹⁰. Det vurderes, at der i tilskudsordninger med fordel kan sættes mere fokus på at sikre viden og anbefalinger vedrørende, hvilke faktorer der påvirker klimaeffekterne. Hermed vil man kunne få en optimeret klimaeffekt af indsatsen. Samtidig er der mange andre ønsker til skoven og dens funktion. Der er ønsker til øget biodiversitet, til kvælstoftilbageholdelse og til diverse rekreative forhold. Derfor bør der udvikles på, hvordan man kan etablere skov, der opfylder flere formål. Der vurderes et årligt behov på ca. 1 mio. kr.

Gødningsstrategier og management har sammen med vejrbetingelser meget stor betydning for lattergasemissionen i den enkelte mark. Der ligger et meget stort potentiale i at reducere lattergasemissionerne ved at klimaoptimere gødningsstrategier og -management, men det kræver yderligere forskning/innovation. Man begynder at se nogle effekter af f.eks. vinter- vs. vårafgrøder eller udbringningsteknikker for husdyrgødning, men der er behov for yderligere forskning/innovation på området. Det gælder generelt for effekt af sædskifter, behandling af gylle, gylleudbringningsteknikker, timing og split af gødningstildeling, effekter af jordbundsforhold f.eks. vandmætning, omlægning af efterafgrøder og græsmarker osv.

Der er også behov for bedre modeller – både videnskabelige og mere forsimplede – som kan beregne og prædiktere lattergasemission. Simple modeller skal kunne fungere baseret på tilgængelige vejr- og aktivitetsdata. Generelt skal især den rumlige opløsning for modellerne forbedres, så man kan regne og prædiktere på markniveau og udvikle managementværktøjer til landmændene.

Der skal udarbejdes helt nye gødningsstrategier, som tager højde for optimeret valg af gødningstyper og timing i forhold til vejrlig. Strategierne for anvendelse af husdyrgødning skal ændres og optimeres i forhold til udbringningsteknik og timing i forhold til vejrlig og afgrødens vækst. Samtidig skal der udvikles strategier for anvendelse af den tynde fraktion fra afgasset gylle samt andre typer af afgasset biomasse. Forskning/innovationsbehovet er derfor stort, og der skal udvikles værktøjer til landbruget. Det skønnes, at der skal bruges 30-40 mio. kr. om året frem mod 2030.

¹¹⁰ Johannsen, V. K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L. & Bentsen, N. S. 2019. Kulstofbinding ved skovrejsning. Sagsnotat. Københavns Universitet.

Der er allerede igangsat og gennemført en række markforsøg med lattergasmålinger, som måler effekten af nitrifikationshæmmere i forskellige afgrøder og på forskellige gødningstyper. Yderligere forsøg er i pipeline, og alt efter, hvad disse viser, kan det være, at det er tilstrækkelig dokumentation til at medtage nitrifikationshæmmere som et virkemiddel i de nationale opgørelser. Det kommer dog an på især vejrforholdene under forsøgene de kommende år, og derfor kan det ikke siges med sikkerhed, hvor mange yderligere forsøg, der er behov for. Dog kan det siges, at klimaeffekten for anden anvendelse af nitrifikationshæmmere f.eks. ved nedmuldning af kløvergræs kræver yderligere dokumentation. Endelig kan der også være behov for yderligere forskning på afledte miljøeffekter af nitrifikationshæmmere for at sikre, at der ikke sker en skadelig miljøpåvirkning ved anvendelsen af disse, udover det innovationsfondsprojekt der beskæftiger sig med denne problemstilling. Dette vil kræve yderligere forsøg og dokumentation. Det estimeres, at der skal bruges ca. 5-7 mio. kr. om året til yderligere forskning frem mod 2030.

Hvis målsætningerne i Landbrugsaftalen omkring en reduktion på 2 mio. ton CO₂e/år i 2030 skal opfyldes i form af brun bioraffinering, kræves det, at der bliver arbejdet med optimale anvendelser af biomasser. Halm, der anvendes til energiformål, skal evt. anvendes til pyrolyse, hvorfor det kræver, at der findes alternative løsninger til de nuværende kraftvarmeværker. Desuden skal der findes alternative biomasser til produktionen af biochar, hvis målsætningerne i Landbrugsaftalen skal nås. Der skal også ses ind i effekterne af de forskellige typer af biochar. Dette gælder både effekter på jordmiljøet samt klimaeffekter (og stabilitet af kulstof i biochar), som kan variere med input-materialer. Det er nødvendigt med langsigtet forskning for at dokumentere langtidseffekterne af biochar, da nuværende data primært bygger på laboratorieforsøg samt meget kortvarige markforsøg. Der er i de seneste år afsat samlet 396 mio. kr. gennem Landbrugsaftalen samt Finansloven for 2021 til udvikling af brun bioraffinering. Der er ligeledes afsat midler i både GUDP, EUDP og Innovationsfonden til pyrolyseprojekter. På trods af at der allerede igangsat mange aktiviteter på området, mangler der stadig aktiviteter, som undersøger effekter af at bruge biochar i marken, både langvarige forsøg og forsøg til at efterprøve de potentielle positive effekter af biochar. Det skønnes, at der skal bruges 10-15 mio. kr. om året frem mod 2030.

I forhold til at kunne øge kulstoflagringen i jorden, er der behov for en bedre monitoring af udviklingen i kulstof i jord. Eksempelvis er der behov for årlige målinger i kvadratnettet for at få valid monitoring af kulstofindholdet i dansk landbrugsjord. Der er behov for en bedre kortlægning af det aktuelle kulstofindhold. Der er endvidere behov for en væsentlig styrkelse af grundlaget for modellering af udviklingen i kulstofindholdet i jorden. Der er bl.a. behov for et langt bedre kendskab til de faktiske input af kulstof fra afgrøderester i forskellige afgrøder og ved stigende udbytter. Der mangler generelt viden på området, og der er stor uenighed blandt forskellige forskningsmiljøer, så forskningsbehovet er stort. Det skønnes, at der skal bruges ca. 10-15 mio. kr. om året frem mod 2030.

Der er behov for fortsat at udvikle teknologien til udvinding af græsprotein. Det vil være væsentligt, hvis teknologien kan udvikles til at producere flere produkter med en højere værdi. Det skønnes, at der skal bruges ca. 4-6 mio. kr. om året til yderligere forskning frem mod 2030. Der er yderligere behov for støtte til etablering af produktionsanlæg.

En mere opdateret og mere tilbundsående analyse af effekterne ved omlægning til økologi ønskes tilvejebragt. Der er behov for, at analysen inkluderer den forventede fremtidige anvendelse af klimavirkemidler i både den konventionelle og den økologiske produktion samt afledte klimaeffekter i energisektoren.

På trods af, at der allerede forskes meget i økologi, er der stadig et behov for at reducere klimaaftrykket fra økologien. Det vurderes, at der er brug for 10-15 mio. kr. om året til yderligere forskning frem mod 2030. Der er brug for specifik udvikling af klimavirkemidler til økologi og dokumentation af disse.

12.2 Kvæg

Effekten af ændringen i staldsystemer er baseret på en teoretisk vurdering, da der ikke foreligger målinger på staldniveau. Aarhus Universitet skal i de kommende år dokumentere metanemissionen fra forskellige staldsystemer, herunder også fast drænet gulv med skraber og ajleafløb. Herudover kræver det test og forskning af sandvaskere, hvis gyllen skal anvendes til biogas, når der anvendes sand i sengebåsene. Herudover er der et forsknings- og udviklingsbehov for at se på gulvløsninger, som kan separere gyllen og hurtigt få gyllen ud af stalden. Der er allerede et gummigulv på markedet, men det kræver en videreudvikling og test af gulvet, før det kan anvendes i reduktionen af metanen fra stalden. Herudover er der behov for videreudvikling af gyllesugere, så gødningen hurtigt fjernes fra gulvets overflade, samt et behov for at de udvikles, så de kan separere gyllen. Tanken er, at gyllen hurtigt skal fjernes fra gulvoverfladen samt hurtigt ud af stalden (til biogas eller lager). Ved at opdele gyllen, således at ajle og fæces holdes adskilt, er det ligeledes muligt at udnytte delene, hvilket er en fordel, da biogasanlæg ikke ønsker gylle, hvor tørstofindholdet er lavt. Der vurderes et forsknings- og udviklingsbehov på 7-10 mio. kr. årligt indtil 2030 til udvikling af sandvaskere, gulve og gyllesugere.

Der er stadig behov for yderligere forskning inden for foderadditiver og fedt til kvægfoder f.eks. forskning i tildeling af Bovaer® i forbindelse med afgræsning, som kunne være en bolus, som sikrer kontinuerlig frigivelse af 3-NOP. Derudover er der behov for flere undersøgelser af vekselvirkninger mellem Bovaer® og f.eks. fedt, græs og majs samt andre foderadditiver. Der er resultater på vej om længerevarende studier (+ 4 mdr.), som kan sige noget om effekten på koens sundhed og reproduktion, og især om metanogener tilpasser sig 3-NOP. I relation til fedt i foderet, er der behov for at få undersøgt effekten af tildeling af rapsfrø i forbindelse med dag og døgnafgræsning. Det vurderes et udviklingsbehov på ca. 5 mio. kr. om året

Avlsstrategier og selektion for højere fodereffektivitet kræver yderligere datagrundlag og derfor opsætning af CFIT-udstyr i 25 besætninger. Det vil øge datagrundlaget for avlsværditallet for stofskifteeffektivitet betydeligt efter en 5-års periode. Der er ikke en officiel indkøbspris på dette udstyr, men et bud vil være 1,5 mio. kr. for et gennemsnitsanlæg er sandsynligvis realistisk. Det vurderes et behov for udvikling og innovation på ca. 5 mio. kr. om året.

Målene er ambitiøse, og der er et stort behov for forskning og videreudvikling af opfangning og reduktion af metan i stalde. Nuværende projekt, hvor metanhuset udvikles (finansieret af Mælkeafgiftsfonden), kan ikke bære udviklingen af metanhuset i mål her i slutningen af 2023. Hvis metanhuset skal være en del af løsningen til at opsamle metanen i kvægstalde, er det vigtigt, at der sættes stort ind på at videreudvikle teknologien. Det gælder både udformning af metanhuset, etablering af løsning til fodring i metanhuset samt ventilationstekniske løsninger, der sikrer et optimalt miljø for koen. Herudover bør metanhuset afprøves både i eksisterende og nye stalde. Desuden bør der allokeres forskningsmidler til at udvikle teknologiske løsninger, som kan reducere den opsamlede metan fra metanhuset for at få en fuldendt løsning. Det kan f.eks. være luftrensning eller udnyttelse af gassen på et lokalt biogasanlæg. Det vurderes, at der er et forskningsbehov og udviklingsbehov på 10-15 mio. kr. årligt indtil 2030. Endelig er der behov for udvikling og dokumentation af virkemidler af dyr på græs, som eksempelvis ZELP-teknologien

12.3 Grise - Gyllehåndtering

Teknologien gylleforsuring i grisestalde er dokumenteret i fire afprøvninger i fuldskala foretaget af SEGES Innovation. Under disse test blev anvendt måleapparatet Innova 1412 (Photoakustisk Spectroskopi (PAS)). Dette måleinstrument er ved måling af metankoncentration influeret af bl.a. VFA og fugt i luften, hvilket betyder, at specielt i stalde med gylleforsuring kan målingerne være påvirket. Derfor anvendes disse eksisterende metanmålinger ikke til bestemmelse af metanemissionen. Der er derfor behov for at klarlægge og dokumentere effekten, hvilket er igangsat i 2022 på den første stald (projekt støttet af Svineafgiftsfonden). Der vil være behov for målinger i yderligere tre stalde, hvilket forventes udført i et projekt om staldforsuring finansieret af Miljøministeriet. Der skal ligeledes måles på fire gyllelagre, hvoraf den ene måles i forbindelse med projektet

støttet af Svineafgiftsfonden. Dog er der i projektet fra Miljøministeriet både indsat måling på lagret kvæg- og grisegylle, således der i alt bliver målt på to af hver gylletype. Den første måling på lager igangsættes i 2023 (projektet støttet af Svineafgiftsfonden), og de tre følgende forventes efterfølgende udført i Miljøministeriets projekt om staldforsuring. Miljøministeriet har endnu ikke givet endelig tilsagn til projektet om staldforsuring.

Anvendelse af eddike- eller myresyre i stedet for svovlsyre kunne være relevant, dels til økologisk produktion, dels til levering til biogasanlæg, hvor kulhydratforbindelsen fra de organiske syrer efterfølgende kan anvendes til metanproduktion. Prisen på de organiske syrer er p.t. for høj til, at det er økonomisk realistisk, men der er behov for en undersøgelse af forbrug og effekt i grisestalde samt en godkendelse på Miljøstyrelsens Teknologiliste af anvendelsen af eddikesyre som syre til gylleforsuring i stald

Effekten af hyppig gylleudslusning i grisestalde er dokumenteret i to undersøgelser, hvor den ene var et fuldskalaforsøg gennemført af SEGES Innovation, mens den anden var i nogle mindre forsøgssektioner på Foulum gennemført af Aarhus Universitet. Der er endnu ikke afrapporteret resultater fra målinger af meremissionen fra gyllebeholder, når gyllen bliver udsluset hyppigt. Der er dog udført én test over et år på Forsøgsstation Grønhøj i regi af SEGES Innovation i mindre lagertanke. Der vil være behov for yderligere test for at dokumentere effekten af hyppig gylleudslusning fra stald samt kædeeffekten med gyllelageret

Effekten af daglig gylleudslusning med linespil vil blive dokumenteret i en undersøgelse, som Aarhus Universitet og SEGES Innovation udfører for Miljøministeriet. Der vil desuden blive inddraget resultater fra afsluttede, igangværende og planlagte undersøgelser i SEGES Innovation. Således bliver der i aftalen målt metanemission fra to slagtegrisestalde og tre farestalde med linespil. Derved er der samlet målinger af metanemission fra fire stalde med linespil i de to staldkategorier. I SEGES Innovations undersøgelse fra drægtighedsstalden¹¹¹ vil metanmålingerne blive valideret i forhold til et CRDS-måleinstrument. Der er stadig behov for yderligere test/undersøgelser for at dokumentere effekten af dagligt udsluset gylle fra stald mhp. kvantificering af meremissionen fra gyllelageret.

Effekten af gyllekøling på metanemissionen er ikke veldokumenteret. Der er gennemført én afprøvning, som ikke viste signifikant effekt, men der var en numerisk mindre metanemission ved gyllekøling. SEGES Innovation undersøger p.t. synergieffekten imellem hyppig gylleudslusning og -køling på metanemissionen. Der er behov for yderligere dokumentation, hvis effekten af gyllekøling skal medtages som virkemiddel.

Samlet set vurderes et udviklingsbehov på ca. 25 mio. kr. om året for gyllehåndtering.

12.4 Lagerbehandling – kvæg og gris

Den kommende udbygning af biogasbranchen vil fortsat hovedsageligt være baseret på husdyrgødning, og forventningen er, at indenfor få år afgasses 60-70 % af husdyrgødningen i Danmark. Afgasset biomasse forventes derfor at blive den suverænt største gødningstype, der bliver udbragt på de danske marker. Det er derfor helt centralt at finde ud af, om den afgassede biomasse har en bedre gødningsvirkning og en lavere drivhusgasemission end den ubehandlede husdyrgødning.

Halm er den råvare, som repræsenterer det suverænt største uudnyttede potentiale, og hvis de ambitiøse målsætninger om øget biogasproduktion skal indfries samtidig med, at forbruget af energiafgrøder bliver reduceret, skal en stor del af halmen anvendes til biogasproduktion. Rent teknisk er der på biogasanlæggene fundet en lang række forbehandlings- og indfødningsteknikker, der gør biogasanlæggene i stand til at håndtere betydelige mængder halm f.eks. forskellige typer fysisk neddeling og forbehandling eller ensilering. Fælles for dem er dog, at de ikke er i stand til at sikre en effektiv omsætning af halmen. En mangelfuld omsætning vil medføre et højere restgaspotentiale i den afgassede biomasse, som vil øge risikoen for højere metanemission fra lageret og dermed en mindre klimaeffekt. Mangelfuld omsætning vil også bevirke en lavere

¹¹¹ Holm, M., Sørensen, K.B. 2019. Ammoniak- og metanemission fra drægtighedsstalder. Erfaring nr. 1910, SEGES Svineproduktion.

biogasproduktion og et højere tørstofindhold i den afgassede biomasse. Mange af de nuværende biogasanlæg er ikke designet til at håndtere halm, og de færreste har installeret separationsudstyr. Det vil således være forbundet med ekstra omkostninger til forøget reaktorkapacitet samt separationsudstyr, hvis biogasanlæggene skal håndtere større mængder halm på en tilfredsstillende måde.

Derudover bør der med anvendelsen af store mængder halm også være mulighed for, at den afgassede biomasse kan blive efterbehandlet, så der kan leveres et gødningsprodukt af acceptabel kvalitet. Hvis ikke det er tilfældet, vil konsekvensen være et øget ammoniaktab, større kvælstofudvaskning og en dårligere kvælstofudnyttelse end afgasset biomasse uden dybstrøelse og halm. Der er endnu ikke fundet effektive efterbehandlingsløsninger, der kan sikre et godt gødningsprodukt.

Når der regnes på klimaeffekter af biochar, er beregningerne baseret på en række forudsætninger, hvoraf nogle er behæftet med betydelige usikkerheder. For at kunne foretage mere nøjagtige beregninger, er der bl.a. behov for¹¹²:

- Data fra kommerciel produktion om hvordan valg af teknologi og driftsparametre (temperatur og opholdstid) påvirker egenskaberne ved biochar, energibalancer mv.
- Bedre estimering af effekterne af pyrolyse på reduktioner af drivhusgasemissioner fra opbevaring og anvendelse af afgassede fibre i en referencesituation.
- Dokumentation og skøn af kvælstofomsætning i processen og potentialer for at undgå gasformige tab af lattergas og ammoniak under lagring og udbringning af biogasfibre.
- Bedre forståelse af betydningen af separationsteknologi til afgasset biomasse og pyrolyse af biogasfibre på den samlede miljøpåvirkning.
- Forbedret viden om sammenhæng mellem pyrolysedesign, biomassetype og biochar-karakteristika i forhold til stabiliteten af kulstof og effekter på drivhusgasemissionen.

Der mangler forskning i emissioner i hele værdikæden omkring biogas. Det skønnes, at der skal bruges ca. 20-25 mio. kr. om året til yderligere forskning frem mod 2030.

Teknologien gylleforsuring i staldanlægget er dokumenteret i to afprøvninger i fuldskala foretaget af Aarhus Universitet og SEGES Innovation. Der er dog behov for at klarlægge og dokumentere effekten, når den forsurrede gylle fra stalden efterfølgende, lagres i gylletanken. Der er forslag om at undersøge dette via Konzeptnote for staldforsuring via Miljøministeriet. Der er endnu ikke givet endelig tilsagn til dette. I Konzeptnoten for staldforsuring indgår tre målinger på lagertanke, hvoraf 1-2 lagertanke skal være med kvæggylle.

I Konzeptnoten indgår endvidere en undersøgelse af, om der kan anvendes en lavere syredosering i gyllen, hvilket er med udgangspunkt i erfaringerne fra lavdosisforsuring i gylletanke, hvor en dosis på 2,1 kg svovlsyre/ton gylle gav en effekt på 70 % metanreduktion. Det vurderes, at der skal anvendes 3-5 mio. kr. om året til innovation og udvikling af tankforsuring i gylletanke.

Aarhus Universitet, AgroGas og SEGES Innovation undersøger i GUDP-projektet LESS, effektiviteten ved fakkelfabrænding på en grise-gyllebeholder med tætnet overdækning. Der er dog behov for flere test, hvis teknologien skal blive godkendt som klimavirkemiddel. Miljøministeriet planlægger et projekt, hvor Aarhus Universitet og SEGES Innovation i samarbejde skal teste effektiviteten på yderligere 3 gylletanke. Der vil dog evt. være behov for at dokumentere fakkelfabrænding på både kvæggylletanke og grise-gylletanke, da der må forventes mindre effekt på kvæggylle samt større behov for støttegas. Der vil være behov for udviklingsomkostninger på 3-5 mio. kr. om året til færdigudvikling af denne teknologi.

DTU Miljø, COWI og SEGES undersøger i GUDP-projektet BioMet, effektiviteten af et kompostfilter på en grise-gyllebeholder med tætnet overdækning. Der er dog behov for flere test, hvis teknologien skal blive

¹¹² Elsgaard et al., 2022. Dansk sammendrag, konklusioner og videnshuller. In Elsgaard et al 2022, Knowledge synthesis on biochar in Danish agriculture. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Rapport nr. 208, kap. 9, pp. 130-144

godkendt som klimavirkemiddel. Der mangler endvidere opfølgende undersøgelse på størrelsen af kompost-filteret i relation til effektivitet samt undersøgelse af kontrolpunkter for optimal drift af filteret.

Fakkelafløbning af biometan fra lagrene er en teknologi, der skal videreudvikles og dokumenteres. Der er sat et projekt i gang hos Aarhus Universitet, og det vurderes, at der samlet set for teknikker som biooxidering og fakkelafløbning vil være behov for udviklingsomkostninger på 3-5 mio. kr. om året.

12.5 Fjerkræ

Der er tidligere udført afprøvninger af gødningsbånd og etageanlæg til konsumægshøner, men Aarhus Universitet (Peter Kai, 2023 Personlig meddelelse) vurderer, at referencegrundlaget ikke er korrekt, og har derfor anbefalet Miljøstyrelsen, at der skal foreligge ny dokumentation. Der er endnu ikke udført afprøvninger af den klimamæssige effekt af at anvende gødningsbånd i opdrætsstalde. Der er derfor behov for praktiske afprøvninger, der dokumenterer hvor store reduktioner i emissionerne gødningsbånd kan bevirke. Afprøvningerne skal foregå i stalde med æglæggende høner og i stalde med opdræt. Det vurderes at disse forsøg vil koste ca. 10 mio. kr. i alt.

For at beregne den klimamæssige effekt ved at anvende varmevekslere i æglæggestalde, er der behov for at indsamle uvildig dokumentation for hvor stor en reduktion af staldluftens ammoniakindhold, der kan opnås ved at anvende varmevekslere i danske stalde med æglæggende høner. Derudover er der behov for at dokumentere effekten af varmevekslere på fjerkræstaldes emission af klimagasserne N_2O og CH_4 . Der skal udføres praktiske test med anvendelsen af varmevekslere i æglæggestalde med måling af emission af klimagasser og massebalance. Dette forventes at kunne udføres for ca. 1 mio. kr. om året.

12.6 Økologi

Der er i de seneste år afsat 50 mio. kr. om året til økologiforskning i regi af ICROFS gennem aftale om forskningsreserven. Derudover 10 mio. kr. om året til en økologisk innovationsindsats i regi af Innovationscenter for Økologisk Landbrug. Det er vigtigt, at disse initiativer videreføres samt, at der iværksættes en yderligere forskningsindsats målrettet klimavirkemidler i den økologiske produktion på mindst 20 mio. kr. om året, som skal understøtte udvikling af teknologiløsninger til økologisk planteavl og husdyrproduktion, der er forenelige med EU's økologiforordning.

Som nævnt tidligere, vil effekten af økologi som klimavirkemiddel afhænge af hvilke antagelser, der opstilles, og hvilken metode der ligger til grundlag for beregningen. Antagelser vil afhænge af, hvordan fremtidsscenerier kan forventes at se ud.

Derudover vil den beregnede effekt afhænge af kvaliteten af datagrundlaget for beregningen. Da størstedelen af forskning og målinger af drivhusgasudledninger fra landbruget er baseret på konventionelle systemer ift. til input af ressourcer og staldsystemer uden udegående dyr og afgræsning, er der et stort behov for yderligere forskning i de produktionsfaktorer, der har størst betydning for variationer mellem bedrifter som eks. økologiske og konventionelle systemer. Dette betyder, at effektberegningen af økologi som klimavirkemiddel kan forbedres, når viden indenfor følgende emner forbedres:

- Metantab fra kvæg på græs – ift. racer, græskvalitet, sæson og dynamikker med jord og planter.
- Udvikling af udstyr/sensorer, der kan måle udledninger af drivhusgasser på systemniveau (bedriften) for systemer med udegående dyr.
- Mere forskning i naturlige metanhæmmende foderadditiver.
- Forskning i emissionsfaktorer på metan fra stald og lager, da vi i dag ikke kan adskille dette og derfor regner med samme emissions faktor.
- Forbedring af emissionsfaktorerne for lattergas og ammoniak ved afgræsning, da dette beregnes uafhængigt af dage på græs i dag.

- Mere viden om emissioner ift. afgrøder og sædskiftekompositioner i økologiske sædskifter.
- Emissionsfaktor for forskellige typer husdyrgødning og for anden organisk gødning som kompost og grøngødning.
- Beregning af afgrøderester ift. rod/top-forholdet.
- Effekter af reduceret jordbehandling.
- Optimal dyrkning af højprotein kløvergræs ved lavt N-input.
- Kulstofopbyggende effekter ved udegående systemer.
- Integrering af træer og buske i produktionssystemer ift. sorter der er relevante i DK.
- Mindre lattergas udledning fra marken ved at teste eksisterende og forædle biologiske nitrifikationshæmmere. (planter der i sig selv bevirker mindre lattergasudledning)

I Innovationscenter for Økologisk Landbrug udarbejdes i projektet Økologisk planteavl som nationalt virkemiddel for klima finansieret af PAF 2023 -2024, beregninger af relevante fremtidsscenerier inkl. opdatering af viden og data som eksempelvis opdaterede emissionsfaktorer for lattergas fra gødning.

12.7 Økonomi

Der er i landbrugsaftalen afsat 249 mio. kr. til "forskning og udvikling af bedriftsregnskaber inden for landbruget og forbedret kortlægning til en ny reguleringsmodel".

I den forbindelse er etablering af procedurer og systemer til dataopsamling samt distribution heraf af afgørende betydning for implementering og implementeringshastigheden af ny teknologi og nye virkemidler til at forfølge klimamæssige målsætninger.

I forhold til at kunne foretage bedriftsnære opgørelser af udledningerne, er der behov for følgende:

- 1) Procedurer og systemer til opsamling af virksomhedsspecifikke data, der kan dokumentere de ledelsesmæssige og aktivitetsbaserede handlinger, som har klimamæssig effekt.
Opsamlingen af data skal både omfatte CO₂, metan (CH₄) og lattergas (N₂O).
De opsamlede data skal desuden muliggøre beregning af omkostninger samt foretage andre økonomiske beregninger, der kan indgå i økonomiske og bæredygtighedsmæssige beslutningsværktøjer.
- 2) Standardiserede krav til data, kvalitetssikring og afrapportering af data fra virksomhedens aktiviteter, der har til formål at forfølge målsætninger inden for klima.
Data skal kunne dække behovene i overensstemmelse med principperne i både en territorial opgørelse og en LCA-opgørelse.
Standarderne skal desuden være i overensstemmelse med internationalt anerkendte standarder og retningslinjer.
- 3) Implementering af rapporteringssystemer, der kan sikre kortlægning af dataflow og lageropgørelser i virksomhedens egne systemer samt muliggøre udveksling af data i hele værdikæden, dvs. mellem virksomheden og omverdenen.
- 4) Mulighed for at integrere klimarettede data med data vedrørende andre bæredygtighedstemaer, såsom biodiversitet, ammoniaktab, dyrevelfærd, pesticider mv.

Efter udvikling af bedriftsregnskaberne, blandt andet indeholdende ovenstående procedurer, standarder og funktionaliteter samt integration med de afrapporteringsbehov, som stammer fra resultatet af ekspertgruppens model for en grøn skattereform, skal bedriftsregnskaberne implementeres på de enkelte bedrifter.

Samlet set vurderes der at være et behov på ca. 5 mio. kr. om året til udvikling/implementering.

12.8 Sammenfatning udvikling og innovation

Samlet set er der behov for en konkret udviklingsindsats på ca. 220 mio. kr. om året plus ca. 30 mio. kr. om året til nye virkemidler, der dukker op frem mod 2030. Midlerne skal udmøntes som innovationsmidler uden krav om medfinansiering fra virksomheder og i et meget agilt setup. Støder man på et problem, bør man hurtigt kunne sætte en ny aktivitet i gang. I innovationssammenhæng er der kort tid til fuld implementering i 2030.

Tablet 12.1 Oversigt over udviklings og innovations behov i mio. kr. pr. år

Område	Mio. kr./år
Udtagning kulstofrige jorder	22
Skovrejsning	1
Nitrifikationshæmmere	7
Pyrolyse	15
Kulstoflagring	15
Græsprotein	6
Klimaoptimeret gødningsanvendelse	40
Staldsystemer kvæg	10
Foderadditiver og fedt i foderet (kvæg)	5
Avl	5
Opfangning og reduktion af metan	15
Gyllehåndtering gris (gyllekøling, forsuring, hyppig gylleudslusning, linespil m.m.)	25
Biogas	25
Fakkelfabrænding, biooxidering og lign.	5
Gødningsbånd	1
Varmevekslere	1
Økologi	20
Økonomi	5
I alt	223

13. Barrierer og anbefalinger

Der er en række barrierer, når ovenstående virkemidler skal implementeres. Barrierer, der er helt afgørende at få fjernet for at opnå de tilsigtede klimareducerende effekter. For at landbruget når målene, skal der arbejdes med at fjerne disse barrierer sideløbende med udviklingen af selve virkemidlerne.

Incitamentsstruktur

Der er i skrivende stund ikke en økonomisk incitamentsstruktur, som skal motivere landmændene og fødevarerivirksomhederne til at investere i implementeringen af virkemidler. Langt hovedparten af de beskrevne virkemidler har både en investeringsomkostning men også en fordyrende effekt på produktionen for landmændene. Arla Foods har på frivillig basis udrullet deres egen *Sustainability Incentive Model* til deres leverandører, hvor strukturen i forsimplet version er således, at de mælkeproducenter (leverandører), der implementere ”grønne tiltag” på bedrifterne, belønnes med en merbetaling på bekostning af de mælkeproducenter, der ikke aktivt implementerer tiltagene.

Generelt set skal der opbygges en økonomisk incitamentsstruktur, som gør, at den merbetaling, som fødevarerivirksomhederne i givet fald skal betale til deres leverandører, kan tjenes hjem via en merpris for fødevarerprodukterne. Det betyder i sidste ende, at forbrugere kommer til at betale mere for deres fødevarer, men at de penge skal kanaliseres videre ned i værdikæden og bidrage til at finansiere implementeringen af virkemidler hos landmændene – men for så vidt også investeringer i CO₂-reducerende tiltag i processeringsleddet. Forbrugerdriven efterspørgsel på specialprodukter og højværdivarer er velkendt til at være velmenende, når adspurgt, men det er oftest prisen på varen, der i sidste ende afgør produktvalget. Det er vigtigt at forstå, hvad der skal til, for at alle aktører i hele fødevareriværtdikæden bidrager til den grønne omstilling af erhvervet. Det kræver i sidste ende ændret adfærd hos alle.

Afgifter, der økonomisk pålægger landmændene en byrde, når der udledes en vis mængde CO₂, har i langt de fleste modeller den konsekvens, at der sker et likviditetsdræn af den enkelte bedrift. Det betyder, at der er en ringere økonomisk mulighed for den enkelte landmand til at investere i CO₂-reducerende virkemidler.

Ressourcer og kompetencer

Der er i høj grad mangel på eksperter til at arbejde med forskning, udvikling og innovation af virkemidler. Både hos universiteterne og hos vidensinstitutionerne er der massivt brug for flere mennesker med de rette kompetencer og viden. Der har været et stort fald i tilgangen til de naturvidenskabelige uddannelser på især de videregående uddannelser, men også de mellemlange uddannelser efterspørger flere studerende. Rekrutteringsindsatser til uddannelserne, employer branding og tiltrækning af udenlandske eksperter er iblandt løsningsmulighederne. Der er også et akut behov for at sikre finansieringsgrundlaget til at uddanne flere forskere, hvis forsknings- og udviklingsbehovene reelt skal kunne løses inden 2030.

Governance

Erfaringer fra arbejdet med kvælstofvirkemidler har vist, at det til tider kan være en utrolig lang og bureaukratisk proces at få godkendt nye virkemidler. I forhold til implementeringen af klimavirkemidler, er der behov for en betydelig acceleration i hastigheden for at få nye virkemidler godkendt, så de derved hurtigere kan implementeres i praksis. En løsning kunne være at indgå i transparente triplehelix partnerskaber, hvor forskere, virksomheder og myndighederne arbejder sammen om udviklingen af virkemidlerne og ny viden. Derved kan styrelser og lignende hurtigere og løbende blive bekendte med eventuelle udfordringer, der skal løses inden produkter/ virkemidler kan godkendes. Udfordringerne kan f.eks. være relateret til fødevareriværdsikkerhed, sporbarhed, miljøeffekter og lignende, som så kan tilpasses ind for at blive håndteret i det igangværende udviklingsarbejde.

Et andet forslag til en løsningsmodel kunne også være nedsættelse af en taskforce, som vedligeholder et overblik over barrierer og kan målrette forsknings- og udviklingsmidler til at få håndteret disse. Vigtigheden af denne opgave skal ikke undervurderes, og der bør afsættes en særlig pulje til dette på f.eks. omkring 50 mio. kr. årligt.

14. Konklusion

I landbrugsaftalen er de bindende klimareduktionsmål for landbruget på 55-65 % i 2030, hvilket ifølge Landbrugsaftalen svarer til yderligere 7,4 mio. ton CO₂e. De 2,4 mio. ton CO₂e skal leveres fra klimareduktioner i implementeringssporet, og udviklingssporet skal levere 5 mio. ton CO₂e.

I nærværende rapport er en række nuværende og kommende virkemidler til markbrug, kvægbrug, griseproduktion samt fjerkræproduktion beskrevet, om samlet set vurderes at kunne reducere CO₂e udledningen fra landbruget fra 6,7 mio. ton til 9,3 mio. ton CO₂e i 2030.

Når det er et interval, skyldes det usikkerheden både i forhold til udvikling og implementering af nye virkemidler frem mod 2030. Det er meget vigtigt at se denne vurdering i sammenhæng med de forudsætninger, der er sat op, da det vil kræve en stor indsats at udvikle og implementere virkemidlerne samt løbende fjerne barrierer de næste syv år. Hvis regeringsgrundlagets ambitioner om at finde løsninger, der udvikler erhvervet og ikke koster arbejdspladser og vækst, skal indfris, er det afgørende, at reguleringsmodeller og eventuelle afgiftsstrukturer ikke trækker væsentlig nettoindtjening ud af erhvervet, for der er et stort investeringsbehov.

For at få tilstrækkelige med virkemidler er en øget forsknings- og udviklingsindsats påkrævet. I rapporten er der estimeret kvantitative bud på, hvor meget der skal investeres yderligere i at udvikle en række af de beskrevne virkemidler for at opnå den tilsigtede effekt ved implementering. I nærværende rapport er der konkret værdiansat omkostninger til forskning, udvikling og innovation af en række af virkemidlerne på ca. 220 mio. kr./år frem mod 2030. Nogle af pengene går til virkemidler, som først for alvor vil slå igennem efter 2030. Der skal derudover også være midler til at finde nye løsninger, som vi i dag ikke kender endnu, men som utvivlsomt vil opstå. Det vurderes til at udgøre ca. 30 mio. kr. om året.

Der er en række barrierer, der skal søges løst, for indholdet af nærværende rapport kan effektueres og derved nå den tilsigtede effekt på klimaaftrykket for landbruget. Barriererne består af mangel på ressourcer til at arbejde med governance i forbindelse med godkendelse af virkemidler og manglende ressourcer til forskning og udvikling.

Samlet set er det konklusionen, at hvis der er vilje til at investere i udvikling og implementering og løbende fjerne barrierer, kan landbrugsaftalens mål på 7,4 millioner ton CO₂e nås.

SEGES Innovation P/S
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

+45 8740 5000
info@seges.dk
seges.dk

SEGES
INNOVATION